方励之选集

第一卷



VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

谨以此书纪念方励之先生

方励之选集

（第一卷 共六卷）

（第一版）

《方励之选集》编译校者

二〇一三年四月五日

版权声明

《方励之选集》所用文献以写作时间为序，不能确定写作时间的则以其公开出版的时间为序编入。编入的文献以原初出版者为据，校订则按照下列规定:

- 国家新闻出版总署（新出政发【2010】11号）《关于进一步规范出版物文字使用的通知》
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会2011年《出版物上数字用法 GB/T 15835-2011》
- 中华人民共和国国家标准《标点符号用法 GB/T 15834-2011》

凡属记者采访类的谈话，本选集只采集双方对话，采访者的背景材料放入编者注释，文章的出处及发表时间收于附录中；对网络出版物还进行了史实校对，并增加照片与注释。编辑《方励之选集》用于研究和个人阅读，任何商业应用都将受到追究。

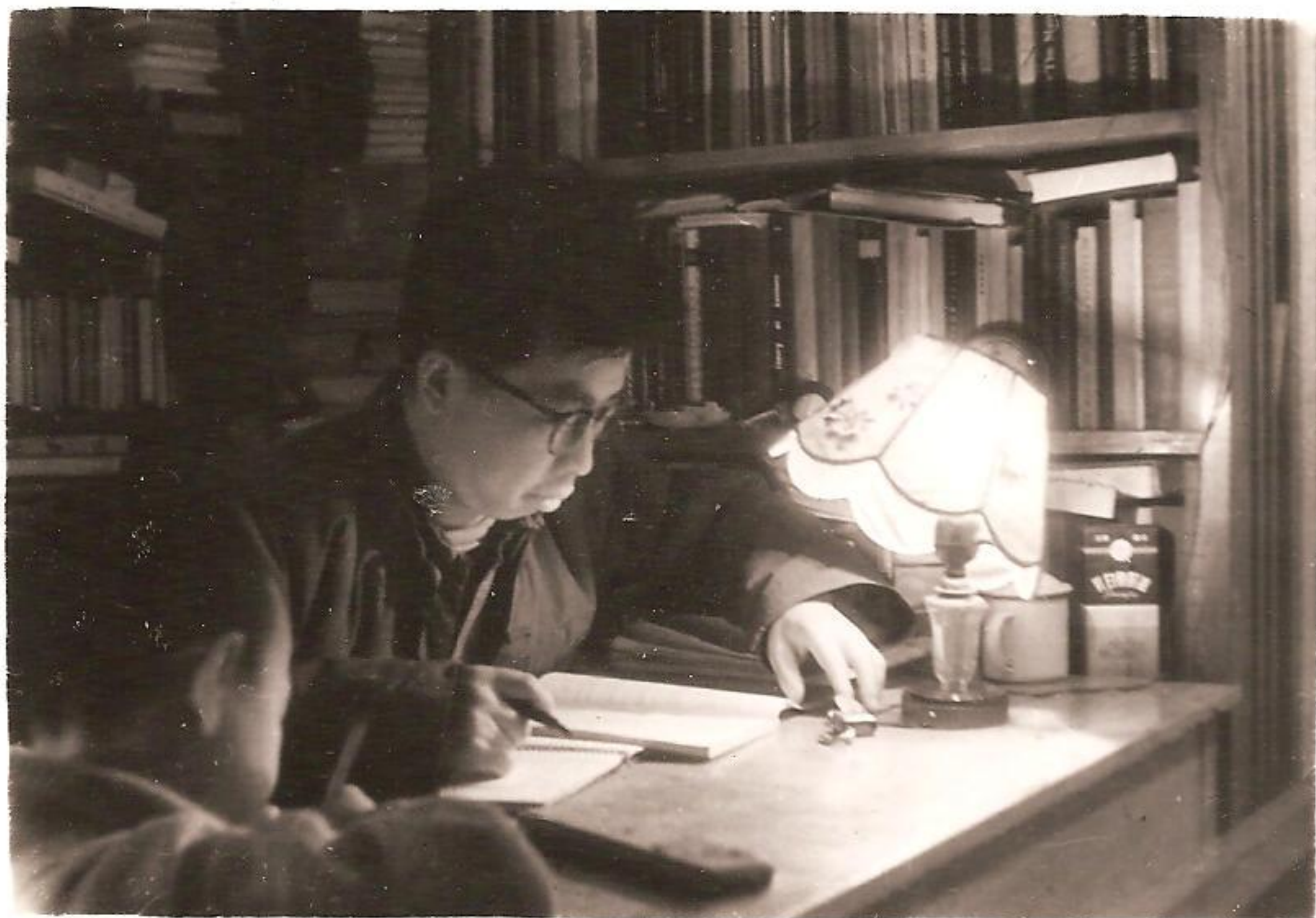
《方励之选集》编译校者

二〇一三年四月五日

方励之(1968 年~1983 年)照片



照片 1 方励之，1982 年。（李淑娴提供）



照片 2 在北大 16 楼（我在 1968 年 3 月 25 日所摄），他和大儿子晚上伏案读书和做功课，这是一张向北大再借的“二屉桌”。屋内除了床就是书，书是我们最大的财富。（李淑娴提供）



照片 3 方励之随科大下迁合肥后， 和另一位同事一直住在现科大教一楼三层过道最西端，用纤维板隔成的临时“宿舍”里。他在“文革”中发表的多篇论文，大多就在这间“宿舍”中写成的。直到 1978 年 9 月， 他破格由讲师晋升为教授，才搬离此处。1970 年李淑娴从江西劳改地到合肥探亲，借住钱先生家。这是李淑娴在钱临照先生家。（方励之摄于 1970 年）



照片 4 方励之与钱临照先生，在钱临照先生家。



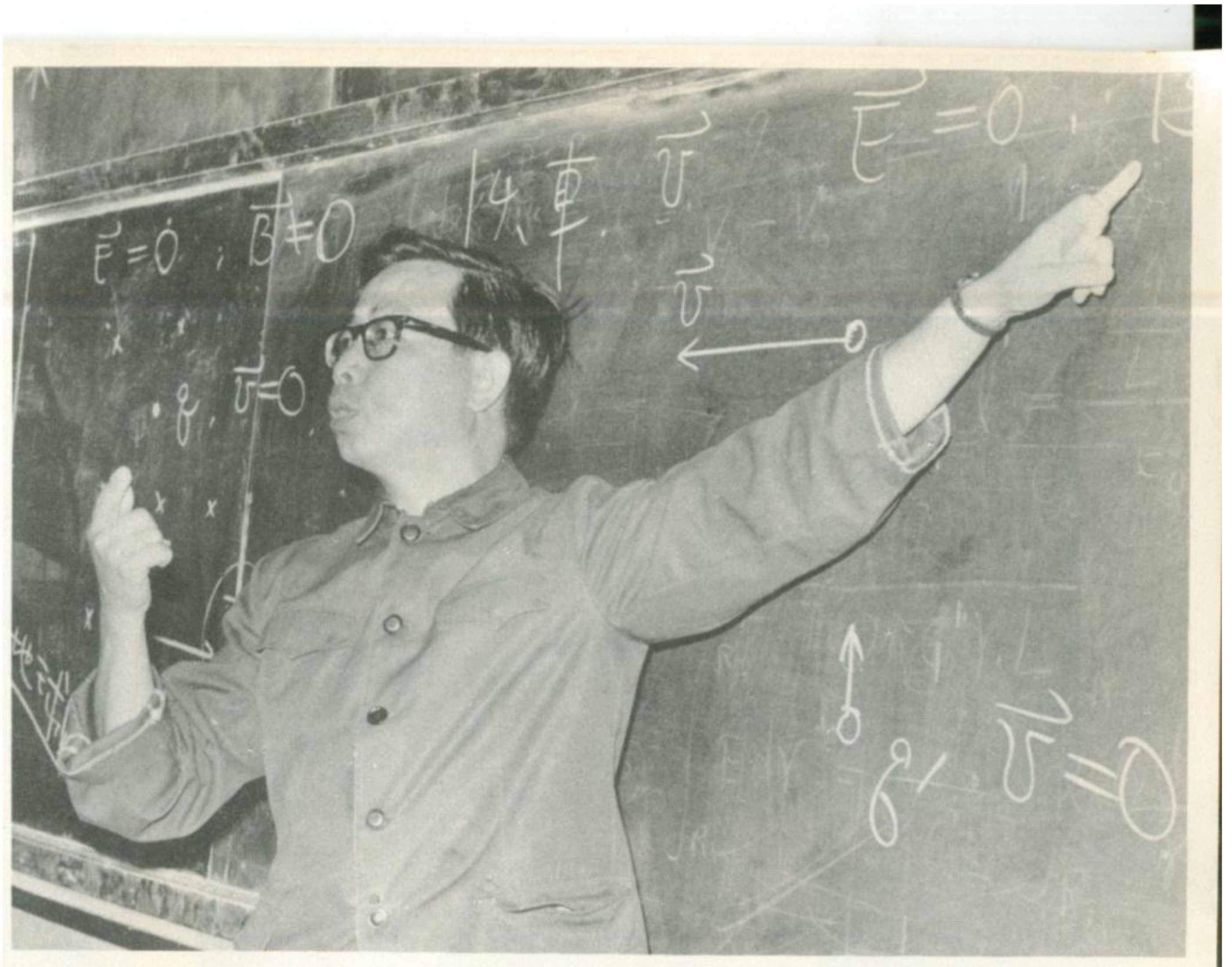
照片 5　方励之与科研小组部分成员讨论课题。这张照片曾被放在北京王府井大街画廊的头条位置。方励之带领的一个十人左右的科研小组，由 200 元人民币开张，竟出了三位院士，这在中国绝对是奇迹！（左起周又元院士、方励之院士、程福臻教授、张家铝院士、陈光教授，该照片由程福臻教授提供，摄于 1977 年）。



照片 6　方励之与恩师。从左至右：钱临照、严济慈、方励之。

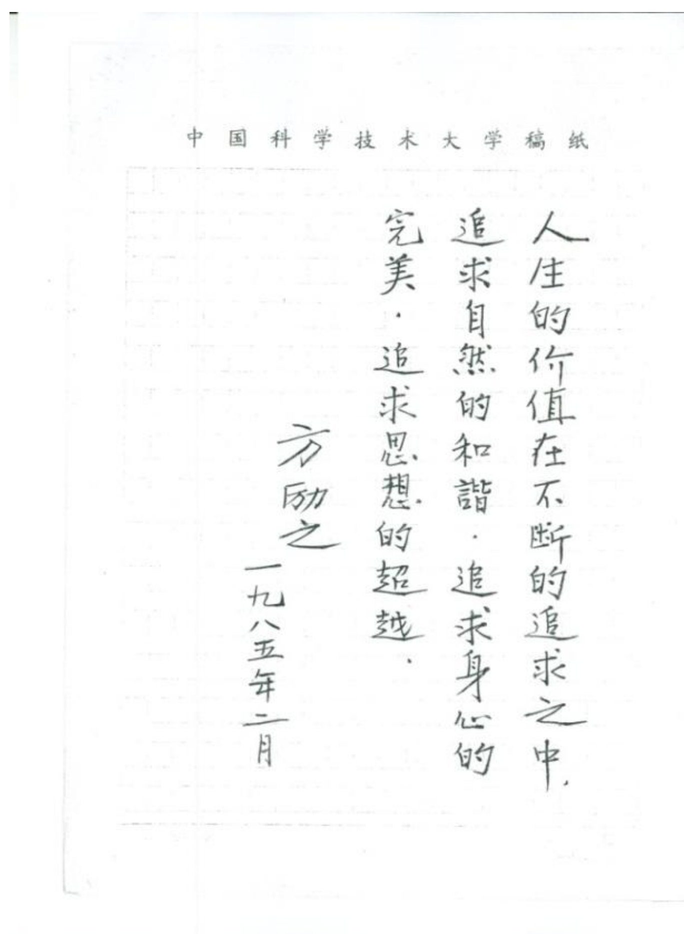


照片 7　1978 年方励之经华国锋批准，首次带队出国。在德国马克斯·普朗克学会聚会上，左起格哈德·伯尔纳(Gerhard Boerner)、邹振隆、沈良照、方励之。



照片 8　1980 年方励之教授给科大学生上课。（李淑娴提供）

方励之手迹：人生的价值



中国科学技术大学稿纸

人生的价值在不断的追求之中.追求自然的和諧.追求身心的完美.追求思想的超越.

方励之

一九八五年二月

人生的价值在不断的追求之中，追求自然的和谐，追求身心的完美，追求思想的超越。

方励之

一九八五年二月

方励之的第一篇学术论文

第 17 卷 第 1 期　　物 理 学 报　　Vol. 17, No. 1
1961 年 1 月　　ACTA PHYSICA SINICA　　Jan., 1961

用变形的传播函数計算核子电荷半径*

王 允 然

已知，由于強相互作用的影响，核子的电磁作用流一般可以写为：

$$j_\mu^{p,n}(p', p) = ie\bar{u}(p')\left[\gamma_\mu F_1^{p,n}(q^2) + \frac{\kappa^{p,n}}{2m}\sigma_{\mu\nu}q_\nu F_2^{p,n}(q^2)\right]u(p), \quad (1)$$

$$q_\mu = p'_\mu - p_\mu$$

其中 u, $\bar{u}$ 是核子自旋波函数，$\kappa^{p,n}$ 是核子的反常磁矩．$F_{1,2}^{p,n}$ 即表明了核子内部結构的影响．当 $q^2 \to 0$ 时，除 F_1^n 趋于零之外，其他均趋于 1.

$F_{1,2}^{p,n}(q^2)$ 与核子空間結构的关系由下式表示：

$$\langle r^2\rangle_{1,2}^{p,n} = -6\,\frac{F_{1,2}'^{p,n}(0)}{F_{1,2}^{p,n}(0)}, \quad (2)$$

$\langle r^2\rangle_{1,2}$ 是核子的电荷及磁矩分布函数的二次矩.

方励之发表在《物理学报》上的第一篇学术论文，因政治审查原因，不能以真实姓名发表，只能用笔名“王允然”发表。

中国相对论宇宙学研究领域的开山之作

第 1 卷 第 3 期　　物　　理　　1972 年 12 月

关于标量-张量理论中含物质及黑体辐射的宇宙解*

方 励 之
（中国科学技术大学物理系）

各向同性的 3°K 黑体辐射的发现[1]，支持了早期宇宙处于火球状态的演化理论，从而引起了讨论包含有物质及黑体辐射的宇宙模型的必要．初期的模型多限于物质及辐射间无相互作用的情况，在最近的一些工作中[2]，通过物态方程唯象地引入了物质及辐射间的作用，即假定压力 p 与能量密度 ρ 之比

$$\varepsilon = \frac{p}{\rho} \tag{1}$$

在早期宇宙中近于 1/3（类辐射状态），在现阶段宇宙中它近于零（类物质状态）．在这种近似下，他们根据 Einstein 的引力理论，给出了符合于观测的宇宙解．

这篇短文的目的是讨论标量-张量理论[3]中的相应问题．目前，无论关于太阳扁率的实验[4]，或者关于行星反射雷达信号的实验[5]，都不能排除 Brans-Dicke 的标量场的存在的可能．我们想指明，在包含相互作用的物质及黑体辐射的宇宙模型问题上，标量-张量理论，也如 Einstein 引力理论一样有效，也就是：如果同样采取关于式(1)的唯象假定，也可以找到符合于观测的解．

在均匀及各向同性的宇宙模型中，采用 Robertson-Walker 度规：

方励之 1972 年发表此文，成为中国相对论宇宙学研究领域的开山之作，标志着中国步入宇宙学研究的开端时期。

序

许良英

方励之是中国20世纪80年代自由知识分子的先驱。他才华出众，多才多艺，精力充沛，兴趣广泛，视野宽广。他在天体物理学领域的成就，长期处于国际一流。他孜孜不倦探索科学真理，更是热切地关心民族和人类的命运。他具有强烈的社会正义感和社会责任感。

他深受物理学前辈钱临照先生赏识，80年代初出任中国科技大学副校长，率先实行教学民主改革和教授治校，《人民日报》连续5天予以报道。1985年他在浙江大学演讲，总结改革的经验，这个讲话广为流传。

他善于从基本问题入手，透彻明晰，他追问“谁养活谁？”，是纳税人养活党政干部，还是党政干部养活人民？他呼吁民主只能自下而上争取，不可企求自上而下的恩赐。为了推动中国的民主进程，1986年11月他与许良英、刘宾雁联合发起召开“反右运动（1957年）历史学术讨论会”。这个会议因钱伟长恶意告密而流产，方励之、刘宾雁和无辜的王若望（当局把我误为王若望！）受批判并开除党籍。同时，中共中央总书记胡耀邦因“反资产阶级自由化”不力，被自封为“第二代核心”的邓小平罢黜。

1989年4月胡耀邦含冤去世，爆发了学生运动，邓小平即调几十万军队包围北京，并造谣方励之、李淑娴夫妇是策动运动的幕后“黑手”。“六四”大屠杀的第二天，美中文化交流委员会美方负责人林培瑞（Perry Link）陪同方励之夫妇进美国大使馆避难，官方即下令“通缉”。他俩在美大使馆耽了一年多，以后通过外交谈判才转到英国剑桥大学，然后转到美国，最后落脚于美

国西南部图桑（Tucson）的亚利桑那大学（Arizona）。当地无边的沙漠和无污染的天空，造就了亚利桑那大学在天体物理方面的国际顶级水平。方励之的到来正如鱼得水。

方励之离开祖国后，仍关心祖国的命运，关心祖国的民主、人权状况，曾担任过中国人权理事会主席。但由于客观条件限制，未免力不从心。

作为中国改革开放开始年代的自由知识分子的先行者，方励之影响深远。他的强劲的声音依然回荡在人们的耳鼓里；深深的脚印仍为千万个后继者追寻。

2012年10月7日

附：

许良英简介

许良英先生是当代中国著名的科学史家，爱因斯坦著述在中国的主要编译者，和中国的科学民主自由人权事业的最坚决的推动者。1920 年 5 月 3 日出生于浙江省临海县，1942 年浙江大学物理系毕业，1947 年任中共地下党浙大支部书记，1952 年调到中国科学院工作，1956 年调哲学研究所，研究科学哲学和科学思想史。1957 年因公开反对“反右”运动，被定为“极右分子”，回老家当了 20 年农民。从 1962 年开始，在极端困难条件下，主持编译三卷本《爱因斯坦文集》，于 1976 年后陆续出版，对中国当代思想解放有极大影响。1978 年，许良英重回科学院，在自然科学史研究所工作，同时与方励之等一起积极参与、推动中国民主启蒙运动，在 1989 年初发起一封 42 位知识分子呼吁政治民主化和言论自由的联名信，在 1992 年发表《没有政治民主，改革不可能成功》一文，二者皆引起巨大反响。2008 年因其“一生对真理、民主和人权的倡导”而被美国物理学会授予萨哈罗夫奖。2013

年 1 月 28 日在北京去世。

编者的话

明天是方励之先生离开我们的一周年。我们编辑本书，谨以此纪念方励之先生。

方励之先生是世界著名的天体物理学家，一生发表了360多篇论文，是《相对论天体物理的基本概念》、《观测宇宙学》、《从牛顿定律到爱因斯坦相对论》及《宇宙的创生》等24部专著的作者、编者或共同作者。《宇宙的创生》（与李淑娴合著）一书被译成英、法、意、日、韩等多国文字，得到国际科学界的高度评价。此外，方励之还写有许多科普文章，前后培养近20名博士，其中1992年后在国外为中国培养了新一代的天体物理学家和宇宙学家计有：11名博士和7名博士后。1985年获“国际引力基金会一等奖”。

若不是历次政治运动给方励之造成精神伤害，若不是文化大革命夺走了他十年的黄金时间，若不是在风雨飘摇的政治动荡中下乡劳动，打井、放猪、赶牛车、修铁路、拉板车、下井挖煤、建窑烧砖……耗费了他大量的宝贵时间，方励之的科学成就，肯定会更大！

然而，这样一位成就卓著的优秀科学家，仅仅因为政治观点不同，就被取消中国科学院院士资格，这在科学院历史上是空前的。

除了物理学学术论文和专著外，方励之还发表了200多篇文章，内容涉及民主、自由和人权等诸多领域。1989年荣获“罗伯特·肯尼迪人权奖”。

此次我们搜集到方励之先生物理学论文外的文章、演讲、采访共203篇（其中含方励之先生夫人李淑娴教授的5篇文章——同时收录李淑娴教授的文章，为的是让读者进一步了解方励之先生，以及过往的人和事），还有四份珍贵的

手迹照片。 编者力求按写作或发表时间排序，制作成六卷电子版《方励之选集》，各卷时间区间划分如下：

第一卷， 1978 年～1983 年；

第二卷， 1984 年～1986 年；

第三卷， 1987 年～1989 年；

第四卷， 1990 年～2007 年；

第五卷， 2008 年～2010 年；

第六卷， 2011 年～2012 年。

方励之先生的这些非物理类文章和演讲，虽然有的是二三十年前写的、讲的，但时间并没使这些著述逊色贬值，反而经过历史的检验，愈发显现其珍贵！至于方先生究竟是怎样的一个人，他是出于一个知识分子的社会良知和责任，在推动科学和民主、自由和人权事业的进步，还是在宣扬“资产阶级自由化”，相信读者读了《方励之选集》，定会做出自己的判断。

我们认为方励之应属当代之杰出大师，当之无愧。谁说我们中国当今没有大师，只不过我们的大师被赶到美国去了！

我们两位编者都是古稀老人，一个在合肥，一个在福州。在福州的那位还不是科大人，用如今年轻人的话说，他仅仅是方励之的“粉丝”。他曾是福建省体制内从事社会经济研究工作的处级干部，上世纪 50 年代加入中国共产党。退休后，受李锐老先生和方励之先生石破天惊的直言影响，十多年来一直在收集方励之的各种资料，多次呼吁当局拿出政治家的气魄，让方励之回国。合肥的这位是方励之的学生辈，但在科大，他一直称方励之为“老方”，从未叫过方励之“老师”或“校长”。不过，自从方励之被撤职后，他便开始称之方校

长，直到今天。在他的心目中，方励之永远是科大的校长，编辑《方励之选集》，完全是出于对方校长的敬佩！

我们编辑《方励之选集》的目的，一是为了让内地读者能看到方励之的文章和演讲，说实在，方励之的大多数文章和演讲连合肥的这位编者都是第一次读到。二是通过阅读《方励之选集》，让年轻人了解历史书上看不到的真实历史，勿忘历史，勿忘推动历史前进的那些人。三是从《方励之选集》中，我们还可读懂"读万卷书，行万里路"的古训。

名义上，《方励之选集》是我们二位编的，实为集体之作。参与此项工作的是一个 34 人组成的团队，历时近一年。这个团队的绝大多数人都素不相识。他们来自天南地北，国内国外，完全是出于对方励之的敬仰，走到一起来了。其中，有他的夫人李淑娴教授，他的朋友和同事邓祖淦教授、程福臻教授、褚耀泉教授、朱杏芬教授、华新民博士，他的学生王树军先生、王作跃教授、杨海涛博士等等。他们帮我们俩出主意，改错误，找资料，补遗漏，为本《选集》的最后成稿，付出了巨大的心血。在此，编者深表感谢！

杜钧福教授、杨碚芳教授、林钟光高工、蒋巧云教授等，参与了校对。他们多是老头、老太，人老眼花，轮换校对了三遍，工作量相当大。编者深知，这绝不是简单说声"谢谢"所能表达的。还有许多朋友，由于众所周知的原因，在此不便提他们的姓名，只能请他们当"无名英雄"了。对于这些"无名英雄"，编者深表敬佩和感激！

"方励之生平简介"虽然注明为集体之作，但无法注明是第几稿，因为我们都记不清是第几稿了，至少修改了 30 多次。我们这个团队的认真精神，实在令我们二位老人敬佩！《方励之选集》的文章或与作者首发原文校对, 或与

经作者审定的演讲记录原稿校对，或与作者手稿直接校对。全部文章经六轮以上的校对，凡疑点处均经多方会校，并力求当事者证实，以确保你读到原汁原味的方励之的作品。为了提高文章的易理解性，我们尽可能增加了编者注释。但我们的能力与水平总有所限，错误仍在所难免，编者由衷欢迎并感谢读者批评指正，以利更新再版。

方励之的挚友、当代中国著名的科学史家 93 岁高龄的许良英老先生为本《选集》作序，这篇《序》是许良英老先生 2013 年 1 月 28 日去世之前的最后一篇正式文字，全体编译校者在此深表感谢。

另外，由于本《选集》的大部分文章，收集于国内外多种报刊、书籍或网站，编者年高老迈，无法与原出版发行单位联系沟通。同时，我们选编本《选集》也毫无私人的经济利益，仅仅是出于为读者服务的公益目的。在此，对文章原出版发行单位以及作者、整理者，表示衷心感谢，并敬请谅解！若有意见、建言，请与我们联系沟通，不胜感激！

由于本《选集》是电子版，我们将在此基础上，不断地增补、修订和完善。读者若要《方励之选集》，请发 Email 索取，定当奉送。邮箱如下：

阮耀钟的 Email：ryz@ustc.edu.cn

林祥榕的 Email：xr1938@163.com

阮耀钟（合肥） 林祥榕（福州）

2012 年 8 月 8 日第 1 稿

2013 年 4 月 5 日第 9 稿

方励之生平简介

方励之（1936 年～2012 年），1936 年 2 月 12 日生于北京，祖籍浙江杭州。1946 年，年仅 10 岁即考入北京四中；1952 年又以优异成绩考入北京大学物理系；1955 年加入中国共产党。1956 年 8 月底，毕业分配到中国科学院近代物理研究所，从事核反应堆理论研究工作。

1958 年“反右运动”后期，方励之因提倡独立思考，被认为思想右倾，遭到开除党藉处分，下放河北赞皇县农村劳动，后从中科院调至中国科学技术大学任教。

在此期间，方励之虽身处逆境，仍顽强坚持科学研究，先后在中科院从事核反应堆项目研究，在中科大坚持固体物理及激光物理学研究，是中国激光物理领域最早的科研人员之一。到“文革”前夕，方励之已在国内物理学核心刊物发表 13 篇学术论文，曾得到严济慈、钱临照、李荫远等老一辈科学家的关注与培养。

“文革”期间，特别是 1970 年中国科大从北京下迁合肥后，方励之作为专政对象，被直接下放到淮南煤矿谢三矿劳动改造，与矿工一起下井挖煤。白天艰苦劳动，晚上不顾疲惫，匿入帐中潜心研读前苏联物理学家列夫•朗道的俄文版《经典场论》。回合肥后，又被当作“黑八类”，派到科大砖厂当窑工，脱坯烧砖，为科大建造化学楼。

1972 年，中国科大教学科研秩序逐渐恢复，方励之成为首批登台讲课的年轻教师。在科大任教二十余年，方励之教学风格特色鲜明，被学生总结为：物理图像清晰，思路清楚，材料丰富，语言生动。深受广大学生欢迎与赞誉。

同年，方励之在《物理》杂志发表《关于标量—张量理论中含物质及黑体辐射的宇宙解》一文，成为中国相对论宇宙学研究领域的开山之作，标志着中国步入宇宙学研究的开端。但该文所持的宇宙大爆炸学说与辩证唯物主义有关宇宙无限的教条严重相悖，因此被批驳定性为反动学说。方励之不为所动，并在科大倡导成立相对论天体物理小组，开展当时尚属学术禁区的相对论天体物理研究。从此一生致力于天体物理及宇宙学教学与研究事业。

相对论天体物理小组不断发展，日益壮大成为科大天体物理研究中心，曾培养出三位中国科学院院士及一大批成就卓著的专家学者，在世界天体物理界占有一席之地。

1973 年后，方励之的天体物理研究成果开始大量涌现，高水平学术论文连续发表，学术交流日益活跃，在国内天文学界的影响与日俱增，同时受到国际同行高度关注。

1978 年 9 月，鉴于方励之突出的教学与科研成就，中国科大将其从讲师破格提升为教授，成为中国当时最年轻的正教授。1981 年，方励之当选为中国科学院数学物理学部委员（后改称为院士），是当时最年轻的学部委员之一。

随着方励之学术影响的不断扩大，其学术交流活动由国内逐步走向国际。1978 年 12 月，经华国锋主席批准, 方励之应邀参加在德国召开的第九次德克萨斯（Texas）相对论天体物理讨论会。这是中国第一个以个人身份参加的国际学术会议, 方励之组三人团参加了此次会议。1980 年，方励之先后应邀到英国、意大利、美国、西德等 6 个国家的 30 多个大学讲学。

1982 年，方励之与雷莫 • 鲁菲尼合作，成功在上海组织召开了中国第一次主办的大型国际科学会议第三届马塞尔•格罗斯曼（Marcel Grossmann）广

义相对论会议，并在以后一直担任历届格罗斯曼会议的组织者。1984 年，方励之又应邀到意大利、美国、英国、日本、哥伦比亚等 9 国的大学或研究单位讲学，或做学术报告。同年，方励之以主席身份，在哥伦比亚主持召开国际物理中心（ACIF）第一次相对论天体物理讲习会。先后受聘于英国剑桥大学、意大利罗马大学、美国纽约州立大学、日本京都大学和香港大学，担任高级客座教授或客座教授。

1984 年 9 月 17 日，方励之被任命为中国科学技术大学第一副校长。

1985 年 6 月 17 日，方励之（以管惟炎代表身份）代表中国科学技术大学和罗马大学校长安东尼奥 • 鲁伯特（Antonio Ruberti）、国际理论物理中心主任阿卜杜勒 • 萨拉姆（Abdus Salam）、空间望远镜研究所里卡尔多 • 贾科尼（ Riccardo Giacconi）、梵蒂冈天文台乔治 • 柯尼（ George Coyne）、和斯坦福大学的弗朗西斯 • 埃弗里特（Francis Everitt）一起，代表各自的单位草签了 ICRA 的章程，他们一起创立了相对论天体物理国际中心（ICRA）。后来，ICRA 也是联合国教科文组织（UNESCO）的一个下属。

1985 年，方励之同日本物理学家佐藤文隆共获国际引力基金会一等奖，成为第一位获得此奖的中国科学家。

1986 年，方励之在北京参与组织国际天文学联合会（IAU）第 124 次讨论会。这是该联合会第一次在北京举办学术会议，被国际天体物理界称为“标志着观测宇宙学真正开始了！”

1987 年，因反对特权，揭露腐败，宣扬民主与人权，方励之成为“反对资产阶级自由化”运动的头号打击对象，被邓小平钦点，再次被开除中共党籍，撤销中国科大副校长职务，于 1987 年 1 月被调往北京天文台，任研究员。

1989 年 1 月 6 日，时值中华人民共和国成立 40 周年、“五四”运动 70 周年、法国大革命 200 周年，方励之给邓小平写公开信，建议尊重“自由、平等、博爱、人权”普世价值，从人道出发，实施全国大赦，释放魏京生等政治犯，并由此为契机，改善中国人权现状。

1989 年 1 月 28 日，在《新启蒙》发行座谈会上，方励之作了主旨为“人权是民主的核心问题”的长篇发言。

1989 年学潮期间，方励之被无端指责为幕后“黑手”。“六四”后，不得不与夫人李淑娴教授一起，作为“美国总统客人”进入美驻华大使馆政治避难，随后遭到全国通缉。

1990 年 6 月 16 日，经国际多方与中国政府谈判，最终不提“认罪”、“宽大”等条件，仅以“治病”为由，同意方励之夫妇离开中国。

1990 年 6 月 25 日，方励之夫妇离开美国驻华大使馆，先后流亡英、美等国。其间曾任英国剑桥大学皇家学会客座教授、美国普林斯顿高等研究所客座教授。

1992 年 1 月起，方励之以终身教授身份，供职于亚利桑那大学物理系，一直从事物理教学科研工作达 20 年。

流亡美国后的方励之，学术研究活动依然十分活跃。据不完全统计，方励之于 1990 年至 2012 年客居海外期间，发表学术论文近 180 篇，平均每年发表 8～9 篇论文。即使在其辞世前的 2011 年，还以 75 岁高龄，发表学术论文达 5 篇之多。2005 年，还与雷莫•鲁菲尼共同创立了相对论天体物理国际中心联合体（ICRANet），其中一项重要活动是每年召开一次伽利略−徐光启（GX）会议，在中国和一个西方国家之间轮流主办，大力推动中国与世界学术

界交流与合作。

方励之因此被选为美国科学进步联合会（AAAS）会士、纽约科学院终身荣誉会员，荣获美国物理学会 1996 尼科尔森（Nicholson）奖章，及罗马大学、多伦多大学等多所欧洲、北美大学荣誉学位。2011 年 4 月，在加州召开的美国物理年会上，方励之当选为美国物理学会(APS)会士，还是亚利桑那艺术、科学和技术学院奠基人之一。由于方励之学术成就突出，在国内外很多学术机构担任了一系列重要职务。在国内，方励之担任中国天文学会副理事长、中国引力及相对论天体物理学会理事长、中国科技史学会理事、《中国大百科全书》天文学卷（1980 年初版）天体物理学分支主编等职务。在国际，方励之在联合国教科文组织的资金赞助支持下，参与创立了一系列国际学术组织，担任重要职务，先后组建并担任国际物理中心（ACIF）学术委员会委员（1982 年～1984 年)、国际理论物理中心（ICTP）理事（1984 年～1989 年)、学术委员会委员（1984 年～1985 年，1986 年～1987 年两届)、国际相对论天体物理中心（ICRA）资深成员(1985 年～2012 年)、国际纯粹及应用物理联盟（IUPAP）天体物理委员会（C19）委员、主席（1990 年～1993 年)、及其国际广义相对论及引力学会（ISGRG, A-C2）理事、国际相对论天体物理联合体(ICRAnet)理事会主席（2005 年～2012 年)、国际天文联合会（IAU）宇宙学委员会（第Ⅷ学部，第四十七专业委员会）委员等职务。

作为一位科学家，方励之成就卓越，著作等身。毕其一生，方励之在国内外一流学术期刊发表论文 360 余篇, 其中大部分是关于天体物理和宇宙学的前沿课题。同时，撰写了《宇宙的创生》、《相对论天体物理的基本概念》、《从牛顿定律到爱因斯坦相对论》等 24 部专业著作，其中，《力学概论》（与

李淑娴合著)、《量子力学》(席夫著，与李淑娴合译)和《相对论天体物理的基本概念》（与鲁菲尼合著）等教材或专业参考书，在国内外享有广泛盛誉；《宇宙的创生》（与李淑娴合著）一书，还被译成英、法、意、日、韩等多国语言，得到国内外学术界普遍好评。

此外，方励之还写有大量科普文章，为中国青少年及广大民众普及科学知识，是中国现代天体物理和宇宙学科普著作的开创者。

作为一位教育家，方励之担任中国科大副校长期间，推崇独立精神，自由思想，与管惟炎校长珠联璧合，配合默契，共同推动科大教学科研体制改革，民主治校，成就显著。他们一起倡导“要创造、要自由、要民主、要发展”四项原则，实施“民主办学、教授治校、学生自治”治校方略，成立了以教授为主的学术委员会、学位委员会和职称评定委员会，进行横向分权；实行系主任负责制，确保系一级的行政权力独立，做到纵向分权。校工会不再是摆设与花瓶，而是有实实在在的监督权力。在每年的教职工代表大会上，校领导必须向代表汇报工作，面对面接受代表质询。那时的中国科大，民主思想深入人心，蔚然成风，引领当时高校民主办学风气之先。校园学术气氛空前活跃，教学科研工作风生水起，成果不断，人才辈出。学生你追我赶，学风扎实，成绩骄人，闻名全国，吸引了一批批高考状元聚其门下，堪称科大历史鼎盛时期，被后人感慨为科大“难以再造的历史辉煌”，引起社会高度关注与广泛赞誉。《人民日报》曾于 1986 年 10 月 22 日～11 月 8 日，以《民主办学在中国科技大学》为题，连续 5 篇对中国科大民主办学事迹进行过深度报道。

在科大受到政治风波危及之际，作为副校长的方励之，依然与管惟炎校

长站在一起，敢做敢当，勇于承担责任，尽自己最大努力，保护同仁与学生，表现了一位教育家的博大胸怀与责任担当，与管惟炎一同被科大师生誉为“80 年代的蔡元培”，至今仍被一代代学子怀念感怀，称其为中国科大“永远的校长、永远的老师”。

一般的自然科学家与政治没有太多的交叉与重叠，但方励之不一样，与他一生所崇拜的爱因斯坦一样，是一位具有高度社会责任感的科学家。不但继承和发扬了爱因斯坦的科学衣钵，更是爱因斯坦人文精神的忠实追随者。他与志同道合的许良英一道，研究爱因斯坦，传播爱因斯坦，并以爱因斯坦为楷模，关心社会，关心政治，关心人类的共同命运，自我解放，奉献社会，秉承爱因斯坦“对邪恶势力的沉默就是犯同谋罪”的思想信念，始终坚持在一切重大事件上亮明自己的科学态度。方励之因此对那些长期干扰科学发展的高压意识形态，拿起科学武器，进行不懈抗争与科学辨析，以表明一位科学工作者的立场观点。

他说过：“干我们这一行，最重要的是独立思考，而且还不可避免地要思考一些根本性的问题，即哲学问题。”当方励之思考所得出的哲学观点，无法与某些权威论调相吻合时，原本是学术上的一些分歧，在当时的政治环境中就想当然地被演化为政治问题，陷入政治纷争的是非漩涡。其实仅仅是方励之作为一位科学家高度社会责任感的本能与自然反应。

例如，1985 年方励之给《自然杂志》写了一篇通俗文章，介绍量子宇宙学，让当时意识形态最大理论权威胡乔木看到了，胡乔木就写信给《自然杂志》编辑部，说：“我不懂宇宙学和物理，但是我认为方励之这篇文章是反马克思主义的。”随后，《北京日报》1986 年 5 月 5 日发表文章，高调批判

宇宙学研究，字里行间充斥着大量“文革”语言，戾气弥漫。

作为一位以探索自然本源为终极目标的科学家，方励之其实追求的是社会和谐、身心完美、信仰自由和科学理性。在他的手稿中出现过这样的手迹：“人生的价值在不断的追求之中，追求自然的和谐，追求身心的完美，追求思想的超越。”有如此理性追求的科学家，自然会对他所置身处地的恶劣社会环境，提出变革愿望与诉求，那就是这个社会应该为人们造就一个适宜科学与民主发育的社会环境，以及人权能够得到充分保障的良性制度。

方励之像研究物理学一样，研究得出他独特的民主观点：“民主是要靠从下向上争取的，不是靠从上到下赐予的，赐予的东西是会被收回去的”、“不存在一个所谓中国特色的现代化，就像不存在有中国特色的物理学一样”……他日常演讲中诸如此类的名言，广为流传，启蒙了一代代中国民众，影响深远。

方励之由此逐渐成为一位影响巨大的民主人权启蒙者，一生为此撰写发表民主、人权及自由方面的文章或讲话达 200 余篇，被誉为中国的萨哈罗夫。方励之充分利用自己的自然科学专业优势，以科学技术史、科学哲学为思想武器，对那些一贯压制人们思想与精神的保守教条主义意识形态，进行勇敢回击，并追根溯源，广征博引，大胆剖析，科学论证，以达到正本清源之目的，肃清了一系列长期束缚人们手脚的僵化思想观念。方励之因此于 1989 年荣获“罗伯特·肯尼迪人权奖”。

方励之人权信仰坚定，流亡美国后依然坚持为中国民主、人权事业不懈奋斗，奔走效劳。在美期间，曾服务于多个人权组织，担任关切科学家委员会理事（1992 年）、美国物理学会国际科学家自由委员会主席（1995 年）及

中国人权理事会共同主席（1999 年～2005 年）等职务。

方励之立场鲜明，不为名利所动。当他发现中国人权理事会宗旨异化、财务混乱而无法改变时，与林培瑞、刘宾雁、郭罗基、苏晓康、李晓蓉等一批核心理事于 2005 年 1 月愤然退出该会，显示出方励之作为一位公共知识分子的凛然立场与道德节操。

方励之同众多的中国优秀知识分子一样，热爱生活，博览群书，多才多艺，性情高雅。不但能书善画，还能捉刀治印；吟楚辞，诵古诗，奋笔抒怀，挥洒自如。其横跨文理两界的历史文化散文，集思想性、科学性、艺术性于一炉，主题宏大，思想犀利，力透纸背，读后如醍醐灌顶，令人豁然开朗，酣畅淋漓！

方励之作为中国高校教师的杰出代表，杏坛勤勤恳恳耕耘数十载，桃李满天下。经他指导过的研究生，遍布世界各地，大多是各自领域的业绩佼佼者。去国之后，方励之不计个人恩怨，仍通过合作、交流等各种方式，不计名利，默默无闻地为中国培养科技人才，如今这些弟子与合作者大都成为相对论、宇宙学、科学史等领域的领军人物与中坚力量。

2012 年 4 月 6 日，方励之在美国亚利桑那州图桑市家中工作时溘然长逝，享年 76 岁。

噩耗传出，举世惊愕，万众同悲，世界各地无不为失去这位天才巨子而怆然泪下，纷纷以各种方式进行悼念与追思！他的众多亲朋好友、同事弟子，闻讯从世界各地云集图桑，含泪向在鲜花丛中长眠的这位中华赤子最后道别！

同时，亚利桑那大学发表声明，称方励之的辞世，是他们大学的“重大损失”，方“生前怀抱非凡的勇气和信念，也是最优秀的学者”，“我们感谢他

在 20 年前决定加入我们的教职员工队伍，未来也会铭记他的贡献！”并在物理系楼前为之植树附牌，永久纪念。

斯人虽逝，风范长存。美国人民没有忘记方励之，中国人民更不会忘记方励之。他的不朽精神与高风亮节，正如他一生探索追寻的浩瀚宇宙一样，必将与中国的普罗大众同在，与全人类的文明进步事业同在，光耀史册！

《方励之选集》编译校者

2012 年 12 月 20 日

《方励之选集》第一卷目录

围绕着现代宇宙学的一场科学与假科学的论争

（1978 年 2 月）

从天体物理的发展看理论研究的作用

（1978 年 5 月 19 日）

现代宇宙学及其哲学问题

（1978 年 7 月）

引力波理论获得第一个定量检验

（1979 年 2 月 10 日）

宇宙学上光辉的一笔

（1979 年 3 月）

《从牛顿定律到爱因斯坦相对论》前言

(1979 年 3 月 13 日)

天文学研究方法的特点

（1979 年 4 月 10 日）

《相对论天体物理的基本概念》前言

(1979 年 9 月)

一顶帽子、一块禁地、一个问题

（1979 年 10 月 19 日）

到意大利做客

（1979 年 11 月 2 日）

换汤不换药与换药不换汤

（1979 年 11 月 4 日及 11 月 26 日 ）

写在“赞美我主”之后的午夜里

（1979 年 12 月 2 日）

在剑桥想到的中国的科学现代化

（1980 年 5 月）

六国之行见闻（接受《北京晚报》科教部主任黄天祥采访）

(1980 年 7 月)

脱掉旧思想才能进入未来

（1980 年 12 月 8 日）

理论物理学的前景

（1981 年 1 月 7 日）

科学与技术的关系

（1981 年 4 月 10 日）

现代宇宙学的基本概念的发展

（1981 年 6 月、8 月）

天体物理的１９８０年

（1981 年 7 月 7 日）

访日通信一则

（1981 年 11 月 9 日）

游岚山后记

（1981 年 11 月 28 日）

《惠勒演讲集：物理学和质朴性》编者的话

（1981 年 12 月）

从“万物原于水”到“时空是物质存在的形式”

（1982 年 6 月）

“我不能做副校长……”（接受《科学学与科学技术管理》特约记者勇牵采访）

（1982 年 8 月）

教育与创造

（1982 年 10 月）

给中国自然辩证法研究会的一封信

（1982 年 10 月 27 日）

做和谐发展的人

（1983 年 5 月）

从不存在中认识存在

（1983 年 5 月 22 日）

宇宙的结构

（1983 年 8 月 1 日）

由芝诺佯谬所想起的

（1983 年 8 月）

附录　第一卷文章写作与发表时间及出处

围绕着现代宇宙学的一场科学与假科学的论争

1973 年春夏之际，“四人帮”公开插手天体物理领域，由他们直接控制的《自然辩证法》杂志带头，发动了对现代宇宙学的批判[编注 1]。整个现代宇宙学被宣布为“新神学”；研究宇宙学模型被斥之为从事“智力的自由创造”；至于大爆炸宇宙学则被“兼评”、“再评”，加上了无穷尽的罪名。假科学佯装科学，唯心论偷换成唯物论，形而上学、诡辩论冒充为辩证法。在这种逆流猖獗的情况下，研究宇宙学竟成了一条罪状，甚至关心和谈论宇宙学问题也难免涉嫌，极大地阻碍了现代宇宙学在我国的发展。

现在是弄清科学和假科学的界限，揭露那些放肆的假科学的反马克思主义真面目的时候了。

宇宙学，特别是现代宇宙学，是一门自然科学，还是一种“本质上只能适应宗教的需要”的新神学？这是论争的第一个焦点。

为了回答这个问题，标榜“宣传辩证唯物论的世界观”的写作组，却一头扎进《英国百科全书》，从查找什么是宇宙或者宇宙学的“定义”开始。看来，我们必须反其道而行之，先来温习一下某些熟知的历史事实吧！人类对大宇宙的认识活动，早在自然科学尚未从哲学中分化出来的古代，就开始了。古希腊的各派自然哲学家们，几乎每一个都要讨论宇宙的本源、组成、结构及演化。阿那克萨哥拉曾经根据陨石的性质，猜测太阳是块又红又热的大石头，月亮也同样是由大地上这种泥土构成的，这可以说是在开始探索宇宙的物理性质了。德谟克利特则认为，宇宙间的万物是由同类

的原子组成的，万物的差别是原子的不同组成的表现，他把自己的著作命名为《世界大系统》，也就是一种宇宙理论体系。尽管从现代的眼光看，它们具有多么朴素的特征，但都不失为早期宇宙理论中的唯物主义的代表。欧洲中世纪，在神学的统治下，特别是托马斯·阿奎那把古代的托勒密地心体系加以神化之后，任何发展科学的宇宙理论的企图都被窒息了。这一时期，宇宙学一词本身就被烙上了宗教的印记，它是所谓“证明上帝存在”的三种方法之一。但是，科学是不能被压服的。相反，禁锢理性、禁锢科学的锁链，恰恰是从宇宙理论这一点上开始被打破的。自从哥白尼公布了“太阳是宇宙的中心”这一体系之后，一个新的时代开始了，**“科学以意想不到的力量一下子重新兴起**”［1］。还应当提到，罗马鲜花广场上的烈火至今仍然引起人们对那些为科学宇宙理论而献身的人们的敬意。对这些历史的片断不需要加什么注解了。宇宙学是不是本质上只能适应宗教的需要，历史上有没有与宗教对立的科学的宇宙学的传统，不是已经可以作出判断了吗？诚然，比之历史，今天的情况大大改观了。就宇宙学的内容来说，随着历史的发展已经演变。但是，今天总是昨天和前天的延续。历史事实对宇宙学所作出的一般性的结论，同样是适用于现代宇宙学的。

什么是现代宇宙学？简要地说，进入 20 世纪以来，宇宙学发展到现代阶段。由于人类实践极大地丰富和提高，天文观测的尺度已经达到 100 亿年和 100 亿光年的时空区间之上。活动范围的扩大和深化，提出了探索大尺度宇宙空间中的规律的新问题。更最要的是，在现今观测所及的整个时空范围上，已经发现了许多大尺度上所特有的系统性特征。例如，河外天体具有普遍的、系统的谱线红移；微波背景辐射具有黑体的谱型，并有

相当高的各向同性；在许多不同天体上氢与氦的丰度比具有大致相近的数值；球状星团的年龄，较长的差不多都在 100 亿年左右，太阳系中一些重元素也有相似的年龄；大多数星系都可以归属为不多的几种形态等等。这些事实说明，在目前可观测的整个天区上，存在着相当显著的统一的特征。这种大尺度上特有的现象，反映着大尺度天体系统具有特别的性质。它的结构、运动和演化，并不是小尺度天体系统的简单延长。也就是说，整个观测所及的大天区构成一个系统，必须从一个系统的角度来研究它的特殊的运动形式。**“每一门科学都是分析某一个别的运动形式或一系列互相关联和互相转化的运动形式的，因此，科学分类就是这些运动形式本身依据其内部所固有的次序的分类和排列**。”［2］现代宇宙学正是以研究大尺度上所固有的运动形式而与其他学科相区别，形成了一门独立的学科。同时，随着技术的进步，天文实测手段也在不断更新。许多大口径光学望远镜相继建成，射电天文学的兴起，近十多年来太空观测的开展等等，为现代宇宙学的研究提供了实际的可能。

总之，现代宇宙学是生产斗争和科学实验发展到一定阶段的产物。它所研究的课题，就是现今观测直接或间接所及的整个天区上的大尺度特征，即大尺度上的时间和空间的性质，物质及其运动的形态和规律。

几十年来，无论在观测宇宙学上或者理论宇宙学上，都取得了不少成果。在观测上，哈勃发现的红移与距离的系统性关系，如今已经延伸到红移量为零点七五的范围。射电源及其计数涉及的天区，还要超越这个界限。类星体带来的信息，可能更加深远。在理论方面，提出了整个可观测的天体系统可能正在做系统性的膨胀运动的观念；认识到大尺度上的时空性质

可能偏离欧氏几何；发现某些化学元素的起源可能与大尺度天体系统的演化密切相关，等等。所有这些，在人类认识宇宙的历史中，都是或大或小的进步的标志。

然而，那些“批判”里手们，似乎一心要证明，只有从他们开始，才算有了“无产阶级的宇宙解”，所以，对人类认识宇宙的整个历史，他们采取了否定一切的虚无主义立场。请看他们对宇宙学的概括：“所谓‘宇宙学’，在唯心论和形而上学的世界观影响下，从根本上说，只能是自然科学这株大树的枝丫上生长出来的一朵盛开的却又不结果实的花朵。”[3]“这种‘宇宙学’，包括其中的各种流派，无一例外地都是‘把自己在科学上的无能拿来诬蔑宇宙’（培根），都是现代的新神学。”

尽管这些帽子十分吓人，然而可惜，却找不到什么象样的“论据”。他们的文章很多，但说来说去只有一条，即“宇宙学妄想找到终极的宇宙”，或者说宇宙学“无法摆脱宇宙有限论”[4]。

实际上，这是拙劣的概念偷换。恩格斯早就明确指出：“**我们的自然科学的极限，直到今天仍然是我们的宇宙，而在我们的宇宙以外的无限多的宇宙，是我们认识自然界时所用不着的。**”[5] 的确，作为自然科学的宇宙学，无论是古代的，或者现代的，其研究对象从来都是人类在一定时期观测所及的“我们的宇宙”，而不是那些还用不着的“无限多的宇宙”。“批判”者把作为宇宙学研究对象的“我们的宇宙”，歪曲成只有在唯心主义哲学体系中才使用的“终极的宇宙”，偷换概念，以售其奸。自以为得计，然而，并不高明。请问：难道探讨大尺度天体的分布和运动就是在寻找“终极的宇宙”吗？难道研究河外天体谱线红移的成因就是在寻找“终极的宇

宙”吗？难道分析微波背景辐射的起源就是在寻找“终极的宇宙”吗？只要稍微作实事求是的考察，就不难识破“批判”者蓄意玩弄的鬼蜮伎俩。其次，“批判”者有意混淆“我们的宇宙”和无限宇宙之间的区别和联系，他们说对无限宇宙的认识是“妄想”，研究“我们的宇宙”的宇宙学必然是“宇宙有限论”等等。他们不懂得有限和无限的辩证关系，不知道对有限的认识也就包含着对无限的认识。恩格斯对于那个认为不能认识无限的耐格里曾经说过：**“自然界中的普遍性的形式就是规律……对自然界的一切真实的认识，都是对永恒的东西、对无限的东西的认识**”[6]。宇宙学对“我们的宇宙”的规律性的认识，同时就包含着对无限宇宙的认识。宇宙学正是不断利用这种规律性的认识，通过部分去认识整体，通过暂时去认识永久，通过有限去认识无限。随着科学的发展，“我们的宇宙”的范围越来越扩展，我们认识到的规律性越来越丰富和深化，从而我们也就越来越接近对整个无限宇宙的认识。很显然，现代宇宙学既不是像“批判”者所说的那样，是什么“一朵盛开的却又不结果实的花朵”，也不是什么“现代的新神学”，而是自然科学这株大树上的重要一枝，它的研究课题有着重要的价值和意义。

宇宙模型，或者宇宙解是一种科学的概念和方法，还是“唯心论的先验论的哲学解”？这是另一个论争的焦点。

宇宙模型这个概念，在现代宇宙学中常常碰到，其实，在历史上的宇宙理论中同样也含有这个概念。中国古代的盖天说及浑天说，就是为了解释当时看到的天体大尺度运动特征而提出的宇宙模型。张衡的水运浑像，就是他的浑天说运动学模型的演示。

为了研究大尺度上的性质，总要从复杂的观测结果中抛弃一些小尺度的次要东西，抓住关键的因素，分析主要的机制，做一定的简化，给出它们的定量关系，然后再由观测加以检验，这就是模型的方法。事实上，任何说明宇宙学现象的理论，总要在时空的结构、天体的分布、运动及演化的方式等方面采用一定的模型。目前，在这些方面的模型，种类是很多的。在天体系统的结构上，有等级式模型和均匀式模型；在运动形态上，有膨胀模型的静态模型；在演化方式上，有演化态模型和稳恒态模型等等。模型多，争论大，这是一种正常现象。通过不同模型之间的比较和鉴别，一门学科才会生气勃勃向前推进。随着观测材料越来越丰富和精确，理论分析越来越深入和全面，一些不正确的模型将被摒弃，一些不完善的模型将被修正，一些新模型将被提出，不停顿的新陈代谢，才能使我们越来越正确地描写我们的宇宙。在研究微观及宏观世界时行之有效的模型方法，在研究宇宙学问题时，同样是行之有效的。

可见，排斥宇宙模型这种科学方法，根本是不可能的。问题是在对待模型的基本态度上存在着两条认识路线的原则分歧。按照唯物辩证法的观点，如同物理学的各种模型一样，正确的宇宙模型也只是在相对的、有限的意义上反映着客观。即使它近似地适用于已观测的巨大天区，也还是个有条件的范围。并且，宇宙学模型只突出大尺度运动方面，并不包罗其它尺度上的特征。在西方，的确有一种观点，声称他们寻找的是“整个宇宙的模型”，甚至是“终极解”。显然，终极论是一种唯心主义的认识论。“四人帮”御用写作组正是觉得在这里至少有可利用的东西可以用来否定整个现代宇宙学，于是他们打起批判“终极论”的旗号。终极论自然是应予严

肃批判的，然而“批判”者又是如何批判的呢？请看：宇宙学是要“建立起一个一下子穷尽宇宙全部真理的宇宙模型”，“但是，都失败了”，因为“这是一个永远不能达到的奢望”， “宇宙的总体没有什么数学解、物理解，但是有哲学解”云云。［7］

“一下子穷尽宇宙全部真理”吗？首先，宇宙学只讨论观测所及天区上的大尺度现象，“全部真理”说，纯属捏造；其次，用“一下子穷尽”这类词汇来形容科学的宇宙模型方法，显系“欲加之罪”。“都失败了”吗？这是不顾事实的武断。但是，我们如果想到就连能量守恒定律也在这些“批判”者“彻底打破”之列，那么对宇宙模型“都失败”论，就一点也不足为怪了。“一个永远不能达到的奢望”吗？这已经使我们嗅到宇宙不可知论的气味了。可见，在他们那里，要么是“一个一下子穷尽”，要么就是“一个永远不能达到”。难道这是在批判终极论吗？不，这实质上是在宣扬不可知论。其实，终极论与不可知论二者是相互补充的一路货色，他们都是科学的认识论的敌人。一个说找到了“终极”，一个说“无论根据什么也描绘不出来”，结果都是终结了认识过程。西方有一位宇宙学家，曾经就宇宙学的认识论问题提出一条所谓“补偿原理”。这条“原理”有正逆两种陈述。正形式是：“我们能够得到的知识越少，则为得到可进行观测检验的预言所需要的知识也就越少。”逆形式是：“从我们对于宇宙的观测，我们对其极早的状态只能有很少的推断。”［8］意思就是说，凡是可以认识的事，用我们能够得到的这很少的知识就足够完成这种认识了；凡是还不能推断的事，通过观测也不可能再加以认识了。一条“原理”，两种陈述，正好分别就是终极论与不可知论。这个身兼二任的原理，真是极

妙地说明了这些最“革命”的“批判”家，不过也是唯心论认识论阵营中的一员罢了。

“没有甚么数学解、物理解，但是有哲学解”吗？这显然是一种赤裸裸的哲学代替论。我们要问：所谓没有数学解、物理解的哲学解，到底是那一家的哲学？为了回答这个问题，不妨再来回顾一下历史。从宇宙学的发展可以看到，唯物主义的哲学总是同自然科学的一定发展水平相适应的，随着自然科学领域中的每一个划时代的发现，唯物主义必然要改变自己的形式。包含在自然哲学形式中的日心地动观念，两千多年以前的古代就有了，但由于当时的自然科学水平很低，只是一种天才的猜测而已。直到哥白尼的论证，才奠定了它的科学基础，成为近代唯物主义哲学批判宗教神学的重要自然科学依据。但在哥白尼的学说中还没有完全摆脱旧的有限宇宙的框架，后经布鲁诺以无限宇宙自然观加以阐发，才使这最后的痕迹荡然无存。因为当时的自然科学刚刚从神学中释放出来，宇宙学的发展水平尚局限于太阳系，在布鲁诺的哲学里仍保存着思辨的色彩。随着后继的科学实践的推进，宇宙学的发展，人类对宇宙空间的认识，逐步从太阳系、银河系扩展到现今观测所及的100亿年和100亿光年的时空区间之上，使辩证唯物主义的宇宙观奠定在愈来愈坚实的自然科学基础上，愈加放射出它的光辉。可见，所谓没有自然科学的哲学，脱离开数学解、物理解的哲学解，决不是唯物主义哲学，只能是唯心主义的玄想，只能是“杜林式的体系创造”。的确，在他们这种观点泛滥的那几年间，有些热心科学的青年，因为不明真相而上当受骗，对自然科学不作深入研究，仅仅根据一两条哲学原则就来创造哲学宇宙体系，创造世界模式。到底是谁在宣扬“唯

心论的先验论的宇宙解”，是谁在“把自己科学上的无能拿来诬蔑宇宙”，不是很清楚了吗！

还有一种观点，原则上似乎不反对宇宙的本质是可以认识的，但是，认为现今观测数据太少，太零碎、太粗糙，因而还不具备探索本质的任何可能性，宇宙学“只来凑合极少的观测数据”，宇宙模型尽可以把宇宙揉来揉去，随意驰骋，当前可行的工作除了积累数据，就是数据积累。这种观点同样是错误的，少和多，零碎和系统，粗糙和精细总是相对的，没有绝对的多、绝对的系统和精细；而且也没有完全离开理论思维的单纯的收集和整理观察资料的工作。没有理论思维，就会连一些简单的事实也联系不起来。问题是思维得正确与不正确；问题是我们只能在实践所给定的条件下进行认识和推理，这些条件达到什么程度，我们便认识到什么程度。**“如果要等待构成定律的材料纯粹化起来，那末这就是在此以前要把运用思维的研究停下来，而定律也就永远不会出现。”**［9］认为目前只有把运用思维的研究停下来，等待资料的纯化，那就或者是运用思维的“悭吝人”，或是一种“驴子”的经验论。至于“凑合数据”等等，也是不符合实际情况的。根据目前的观测资料，已经把相当一部份模型和假说（包括那些根据“哲学”来创造的许多“高超”的模型）排除了，否定了，剥夺了它们“尽可以揉来揉去”的权利。有人说宇宙学领域，纯粹是“智力的自由创造”的乐园，创造这种论断者，或许正是没有智力就在“创造”吧！

在各种宇宙模型中，除了等级式模型被“批判”者破格地封为正确宇宙观的代表之外，其余的不加任何分析，轻则是“唯心论的先验论”，重则是“使上帝得到了藏身之所”，一个个都被贴上了阶级的标签，称之为

“资产阶级宇宙学”。特别是大爆炸宇宙学，似乎它的每一点都要引起“批判”者的精神上的恼怒。

的确，在现代宇宙学领域中（在其他自然科学领域中也同样），仍然存在着两种世界观的斗争。有一些资产阶级科学家不懂得辩证法，尽管在探索宇宙学的具体课题中，他们曾是有创见的、反对迷信的自然科学家，取得过重大的成果。但是，由于他们并没有摆脱唯心论和形而上学的网罗，因而发展下去，往往走向了自己的反面。历史上这种人物是不少见的。比如赫歇尔，他曾持续进行了四十余年的实际观测，为宇宙理论的研究提供了丰富的资料。然而他曾说：人类所有的发明，似乎全是为了一个目的，就是要格外证实《圣经》内所有神的真理。这就是摇摆于唯物与唯心，科学与宗教矛盾之中的资产阶级科学家的典型。今天，也还是有这类人的。有些人作过认真的观测或理论分析，可是由于他们的资产阶级世界观和方法论的影响，即便是有一定积极意义的工作，也往往采取歪曲的形式表述出来。科学的发展总是曲折的。有时候，出现一些含有合理成份但却颠倒了真实关系的错误理论，甚至是不可避免的，这在科学史上是常见的现象。面对这种情况，“标签”法是十分有害的，因为“**就自然科学本身来说，是没有阶级性的**”［10］；至于不加分析地全盘否定，则更是错误的。正确的态度应当是：“**问题决不在于简单地抛弃这两千多年的全部思想内容，而是要批判它，要从这个暂时的形式中，剥取那些错误的，但为时代和发展过程本身原不可避免的唯心主义形式中获得的成果。**”［11］只有这样，我们才能深入地分析现代宇宙学中两条认识路线斗争的实质所在，才能深入地批判现代宇宙学中的唯心论、神创论、不可知论、人类中心论等荒谬

的理论和思潮，才能从错误的表现形式中剥取一切有价值的科学内容。这就是我们在剖析现代宇宙学时所应坚持的基本立场。

相反，“四人帮”及其御用写作组采取的手法却是：歪曲事实，篡改原意，把哲学宇宙观和科学的宇宙学说混为一谈；把一些科学家的世界观和他们的科学成就混同起来；把反对的社会政治观点对自然科学的利用和自然科学本身的客观真理混淆不分。他们一方面把人类在自然科学领域中取得的全部成就贬得一文不值，把现代宇宙学当作资产阶级的、唯心主义形而上学的伪科学而一概加以排斥。另一方面却大言不惭地以“无产阶级的代表”自居，宣称什么“无产阶级也有自己的宇宙解，有自己的‘天对’”，［12］什么“无产阶级要写出自己的新的‘天体运行论’，新的‘宇宙发展史’”［13］，好像只有靠了他们的拯救，才终于有了什么“无产阶级的宇宙解”，“无产阶级的宇宙发展史”。然而，假科学者未免太过份了，我们来听一听革命导师列宁对他们的揭露和批判：**“无产阶级文化并不是从天上掉下来的，也不是那些自命为无产阶级文化专家的人杜撰出来的，如果认为是这样，那完全是胡说。”**［14］

现在让我们转到大爆炸宇宙学吧！

大爆炸宇宙学，就其科学内容而言，是关于我们的宇宙的演化问题的一个学派。河外天体红移发现之后，提出了我们的宇宙在作膨胀运动的假说。按照这个假说追溯过去，则宇宙早期的密度和温度都很高，那时的物态与现在有很大的不同。到 40 年代末期，开始了分析高温阶段中物态演化的研究工作，逐步产生了热大爆炸宇宙学。

这一派认为，宇宙早期温度极高，密度也极高，整个范围达到热平衡，

物质成份可以由平衡条件加以确定。由于不断膨胀，辐射温度及物质密度都按比例地降低，物质成份也随同变化。当温度下降到 100 亿度左右时，中子开始失去自由存在的条件。它将衰变，或者与质子结合成重氢、氦等元素。温度连续下降，当达到 100 万度之后，形成元素的过程也结束了。这时物质状态是质子、电子以及一些轻原子核构成的等离子体，物质与辐射之间有比较强的耦合，相互达到平衡。继续冷却，到 4,000 度左右时，等离子体复合变成通常的气体。从此热辐射很少再受到物质的吸收或散射，在空间自由地传播。进一步的膨胀使辐射温度再度下降，气状物质开始形成星系或星系团，最后形成恒星，演变成我们今天所看到的世界。

按照这种演化序列，原初辐射达到热平衡，具有黑体谱，辐射与物质脱离耦合后，温度虽降，但仍保持黑体谱，这就是 3 K 微波背景辐射的来源。此外，许多星体中高达 26%的氦丰度不可能来自恒星内部的核合成过程，热大爆炸学说认为这正是初期核合成产生的氦，而且根据背景辐射的温度，以及由红移推定的膨胀率，可以计算出初期形成的氦丰度，其值也约为 25%。正是由于在这些方面，大爆炸学说用通常的物理定律比较自然地说明了许多观测现象，并且理论与观测结果符合得较好，所以使这个学说受到广泛的重视。大爆炸宇宙学开始系统地分析我们观测的宇宙是否曾有一段从热到冷的演化史，无疑是个进步。

当然，大爆炸宇宙学只是许多宇宙学派中的一个。这种学说，有自己成功的地方，同时也有自己的困难和问题，有的能解决，有的至今还不能解决，譬如奇点的存在、星系的形成以及氘的起源等等，就是有待解决或正在解决中的几个问题。所以这一学说，至今仍然是一种假说。（至于有

的研究大爆炸学说的宇宙学家，由于他们的资产阶级世界观的影响，散布了一些唯心主义形而上学的谬论，如把“我们的宇宙”说成是“宇宙整体”等等，这是必须加以批判和剔除的。）在学术界也存在不同的看法，有争论，有的倾向于赞同，有的倾向于反对。这种争论对发展宇宙学是有益的，必不可少的。大爆炸宇宙学涉及的许多问题，是科学问题，只有用科学的方法才能加以解决。这就是说，无论是逐步肯定这种学说，或是逐步否定这种学说，或是扬弃这种学说，都必须在马克思主义哲学的指导下，经过实实在在的科学工作，通过仔细的、多方面的观测积累及理论分析才能达到。并且，必须根据毛主席制定的“百家争鸣”方针，“**艺术和科学中的是非问题，应当通过艺术界科学界的自由讨论去解决，通过艺术和科学的实践去解决，而不应当采取简单的方法去解决**”[15]。任何强制或变相强制的方法，都不是科学的方法，只会有害于科学问题的解决。

科学的方法，总是不能使假科学的典型代表们满意的。他们从来不去作也不会作任何一点点科学的分析，却惯用哲学上的甚至政治上的帽子来“解决”一个科学假说的是非问题。什么“一阵唯心论和形而上学的喧嚣”，什么“宇宙有限论”，什么“现代的《创世纪》”，什么“与其说是科学，不如说是神学”，什么“倒了个头的热寂说”，什么“一本地道的宇宙退化史”，什么“科学的遮羞布”，什么“完全是政治上的鸦片烟”，什么“力图证明资本主义制度不仅不可超越，而且还可以无限地自我膨胀”，什么“唯一作用，不过是表明自然科学在腐朽没落的资产阶级手中可以跟着它堕落到什么程度而已”等等。够了！这些难道能说明他们有真理吗？相反，除了说明他们把宗教裁判所扼杀科学的老办法也移用于今天外，还能有什

么呢？

作为无限宇宙一部份的“我们的宇宙”，也像一切有限事物一样，有它的产生、发展和灭亡。**“只要自然科学在思维着，它的发展形式就是假说。**”［16］大爆炸宇宙学作为探索“我们的宇宙”起源和演化的规律性的一种科学假说，有它自己的地位和意义，应当给予确当的评价。“批判”者避而不谈大爆炸宇宙学产生的科学依据，它的研究对象的客观性质，它所研究的问题的科学内容，它取得的正反两方面的结果，以及它对宇宙学研究的推动作用。他们在这些问题上说不出一句有份量的话，但却简单地以大爆炸太“离奇”，大爆炸“不可想象”等为根据，来表达他们的厌恶和不耐烦。这种厌恶和不耐烦，可以适用于任何科学假说，正因为如此，它们对任何科学假说都不适用。否定科学实践的意义，否定科学假说的作用，否定宇宙的可知性，否定宇宙学的全部论题的客观意义，这样的“批判”到底是一朵能结什么果实的花，人们已经可以作结论了。

现在已经很清楚了，这场围剿现代宇宙学的“批判”，是有其深刻的政治背景的。这是“四人帮”利用自然科学进行反党活动的一个组成部份。历史上许多反动的政治势力，都喜欢自命为正统的宇宙学的代表，肆意扼杀科学的宇宙学，以巩固他们的反动地位。然而，无论他们怎样用假科学乔装打扮，也无论怎样嚣张一时，都将逃脱不掉无情的历史的审判，而显露出他们丑恶的原形。但科学的宇宙学，恰恰相反，尽管受到种种压制，总能使人树立起必胜的信念。地球仍然在转动，“我们的宇宙”仍然在演化！

参考资料[编注 2]

［1］恩格斯. 自然辩证法. 人民出版社，1971:163

［2］恩格斯. 自然辩证法. 人民出版社，1971:227

［3］自然辩证法杂志, 73(1):65、95

［4］自然辩证法杂志, 73(1):65、95

［5］恩格斯. 自然辩证法. 人民出版社, 1971:215

［6］恩格斯. 自然辩证法. 人民出版社，1971:212

［7］自然辩证法杂志, 73(1)，64、93、95

［8］W. H. McCrea．当今的宇宙学//美国科学家, 1970:58

［9］恩格斯. 自然辩证法. 人民出版社, 1971:218

［10］毛泽东选集:第五卷. 人民出版社, 1977:444

［11］恩格斯. 自然辩证法. 人民出版社, 1971:177

［12］自然辩证法杂志, 73(1), 96

［13］自然辩证法杂志, 75(4), 52

［14］列宁选集:第四卷. 人民出版社, 1972:348

［15］毛泽东选集:第五卷. 人民出版社, 1977：388

［16］恩格斯. 自然辩证法. 人民出版社, 1971:318

本文系方励之和殷登祥合写

（原载《哲学研究》1978 年, 第 1、2 期合刊）

编者注释

［1］据胡大年著《爱因斯坦在中国》（上海科技教育出版社，2006）：1969 年，为了与陈伯达竞争，张春桥和姚文元指使其上海的亲信，对爱因斯坦和相对论也积极开展批判。北京的批判于 1970 年末收场之后，上海的批判却愈演愈

烈。

1969年7月，张春桥和姚文元的亲信王知常在上海复旦大学召开会议，动员物理系的教师批判爱因斯坦和相对论。王知常指使复旦的物理学家们成立一个专门的批判写作组。

他和上海的其他激进分子在复旦大学成立了一个写作班子，名为“上海市理科革命大批判写作组”（以下简称“上海理科批判组”），主要由复旦大学的物理系、哲学系与历史系的教师以及《文汇报》的记者所组成。“上海理科批判组”听命于上海市革命委员会，而后者在1967年以后为上海市的党政领导机关，由张春桥、姚文元及其亲信所把持。

姚文元也于1969年10月初把朱永嘉召到北京，策划对爱因斯坦和相对论的进一步批判。朱永嘉是上海市革委会写作组组长，直接领导“上海理科批判组”的工作。

1973年6月，“上海理科批判组”在新创刊的《自然辩证法》杂志上发表了两篇文章，攻击“反动资产阶级”的大爆炸宇宙学。这一争端起源于新创刊的《物理》杂志上刊登的一篇文章，《关于标量一张量理论中含物质及黑体辐射的宇宙解》。该论文标志着中国对相对论宇宙学的研究的开始。其作者方励之。

文章发表后还不到6个月，就成为“上海理科批判组”的攻击目标，因为该文所支持的大爆炸宇宙论直接与辩证唯物主义有关宇宙无限的教条相抵触，因而被认为是反动学说。马克思主义者关于宇宙在空间和时间上的无限性的争辩，其历史可以追溯到恩格斯的《反杜林论》、《自然辩证法》，和列宁的《唯物主义和经验批判主义》。相对论宇宙学于1930年代在苏联受到谴责，最引人注目的是日丹诺夫在1940年代末的抨击。日丹诺夫的讲话早在1948年就被介绍到中国，

并很快为中国的马克思主义哲学家所接受。这有可能在某种程度上阻碍了相对论宇宙学研究在中华人民共和国的发展。虽然并没有明文禁止，但在方励之以前，没有人在中华人民共和国发表过相对论大爆炸宇宙学方面的科学论文。这种情况当然也与大爆炸宇宙学自身的发展历史有关。大爆炸宇宙学虽诞生于 1940 年代，但直到 1965 年发现宇宙的 3.5 微波背景辐射之后，才开始在国际物理学界“热”起来。而此时的中国已经陷入文革初期的狂热与极度的混乱之中，根本不可能从事有关的研究。对于大多数中国的科学家来说，当时甚至很难充分了解到国际上科学研究发展的前沿动态。在极左思潮和实用主义盛行的文革期间，方励之得以突破多年来意识形态上的禁忌，发表支持大爆炸宇宙学的论文，这看似不可思议，但仔细分析起来却是可以理解的。首先，到 1972 年，文革的高潮即最动荡的时期已过，主持中央工作的周恩来正领导着一场反对极左思潮的斗争，并强调要恢复基础科学理论的研究。其次，当时国际上关于大爆炸宇宙学的研究正蓬勃发展，并已发表了许多论文，方励之在准备其论文时就参考利用了其中一些西方文献。第三，当时北京的相对论批判的闹剧已经收场，上海的批判尚处于半休眠状态，而方励之所在的科大又地处远离上述两个政治中心的安徽省，这使方励之有相对来说较高的自由度，来决定自己的研究课题。第四，当时在中国，研究天体物理和引力理论的队伍有所壮大，使他们逐渐形成了一个可以相互交流、共同讨论的研究群体。具有讽刺意味的是，天体物理研究得以加强的一个重要原因是一批优秀数学家的加盟，而这却是激进派片面地强调“理论联系实际”的结果。

方励之公开支持所谓违反马克思主义的大爆炸宇宙学，激怒了“上海理科批判组”和其他正统马克思主义批判者。为此，他们很快组织了一场批判方励之及其支持者的运动。从 1973 年初至 1976 年秋，在全国性的报刊和学术杂志上，至

少有30篇文章针对大爆炸理论或方励之的论文做了批判，其中许多批判文章出自“上海理科批判组”。具有讽刺意味的是，这场对大爆炸宇宙学的批判却也带来了批判者们始料未及的后果。例如，中国天文学家们就得以借开展“大批判”的名义，在1974年恢复召开了各种全国性的天文学会议。1975年，由于邓小平开始主持中央日常工作，激进分子再次退居守势。是年秋，方励之及其同事们得以发表一篇回应批判的文章。在这篇题为《河外天体红移是可以认识的》的文章中，方励之认为“无论大爆炸理论正确与否，射电天文学等最新进展已使得宇宙学成为一门实验科学，可以通过通常的科学方法而不是哲学讨论来研究”。1973年，方励之和他在科大的4位同事成立了一个非正式的天体物理学研究小组，在1970年代发表了大量文章。这个小组后来发展成了科大的天体物理中心，霍金在1985年称赞该中心“达到了当时天文学和宇宙学研究的最新水平”。同年，方励之与其日本合作者佐藤文隆分享了美国“引力研究基金会”颁发的年度最佳论文奖，这被认为是国际相对论天体物理学领域的最高奖。

[2] 根据《文后参考文献著录规则》(GB/T 7714-2005)重新改订文献标注；其它各卷相同。

(返回目录)

从天体物理的发展看理论研究的作用

1969 年 9 月 29 日，蟹状星云中脉冲星的脉冲周期突然发生十亿分之七的微小变化。随后，理论工作者分析了全部观测记录，得到一种可能的结论：大约 6,000 年前在蟹状星云中的中子星上发生过一次特大的"地震"，按里氏震级约属 19 级，而"地震"造成的星球表面的相对移动却很小，仅有几十微米。

这个事例，是天体物理中的一个典型。利用物理规律分析和解释天体现象的本质，是天体物理的一种基本的工作方法。这种工作方法是从天体物理诞生起，就开始使用了。

1859 年，德国物理学家基尔霍夫让一束太阳光通过食盐火焰，再研究这束光的光谱暗线的变化，进而断言，太阳上必定存在着食盐中含有的钠元素。这件事被公认为天体物理学诞生的标志。其实，早在 1814 年以制造光学仪器闻名的夫琅和费就已经认出太阳光谱中有几百条暗线，他还为各条暗线起了名字，这些名字至今仍在使用。甚至，夫琅和费当时也察觉，有的暗线位置与钠光谱的特征线完全相合。但是，他没有从中得出太阳中有什么元素的结论。这并不偶然。因为，要了解暗线的实质必须对光的吸收和发射的性质有比较深入的了解。这一点在夫琅和费身上是不具备的。所以，他没有能从他自己的发现再前进一步。基尔霍夫是第一个从热力学角度研究辐射的吸收和发射规律的人，所以他能看得更深。可见，天体物理第一个事件就说明，问题不仅在于发现暗线，更重要的是认识暗线。后者只有当"地面"物理学获得越来越深入的物质运动规律的条件下才有

可能。

的确，在整个天体物理发展史上，除了可以看到观测工具的改进的巨大作用外，还可以明显地看到另一种相关性，即物理理论的进展与天体物理新观念的建立二者之间的相关。例如，能量守恒规律发现之后，才确立了恒星年龄有限的观念并提出了恒星能源问题。量子论及辐射理论发展之后，产生了基于分析恒星光谱的恒星大气结构的理论。原子核物理的进展给恒星能源问题带来了突破，使恒星的演化和元素的起源得到迅速的推进。广义相对论的建立，直接促成了相对论宇宙学这一分支。

尽管从天体物理诞生时起就一再证明理论工具在认识天体中的重要作用，但是人们对这一点的认识并不是没有经过曲折的。亚里士多德认为月亮以上和月亮以下是两个截然不同的世界，是由本性不同的物体组成的。因此，企图用地面物体所导循的规律去研究天，是根本不可能的。这种束缚人们近两千年的两个世界论，固然已被牛顿的万有引力理论的成功打破了，但是类似的错误观念却仍在不同程度上束缚着人们的思想。

1932 年发现了中子。自由中子虽然是不稳定的，但却可以由自引力维持构成中子星。1934 年更进一步猜测中子星可能是超新星爆发的产物。到 1939 年对中子星的结构及稳定性已有较深入的论述。预计它的质量与太阳同量级，但体积很小，直径大约为十到数十公里；密度高达每立方厘米上亿吨。虽然中子星的预言完全依据受到实验室检验的物理理论，可是，因为它的物性太不寻常了，所以，这个预言长期受到冷遇，被攻击为物理游戏，甚至讥讽道："究竟有多少天使能在中子星头上跳舞呢？"

中子星假说的遭遇反映了当时天体物理对理论工作的淡漠态度。所

以，那一时期这类工作没有在天体物理中引起多少反响。关于存在黑体型微波背景辐射的预言被忘掉了；关于黑洞的假说被搁置了近 30 年。直到 1967 年，天文观测在无意中发现了脉冲星，紧跟着被确认为一种中子星，才结束了这种局面。

这件事在认识论上的影响是很大的。如果说，牛顿万有引力理论的成功是打破了两个世界的绝对界限，说明天地之间有些物理规律是统一的。那么，中子星这种奇特天体的预言的成功说明，依据这种统一的物理规律，我们还能预言与地面物质差别极大的、或地面条件完全不能实现的奇异天体。地球是最宜于人类生活的星球，然而它的窄小环境也留给人们许多偏见和成见。如果说天体物理学有什么巨大成果的话，那么它使人们睁开眼睛，不仅发现而且认识那些全然不同于地面事物的“离奇”天体，使人们不断摆脱狭隘的偏见和成见，就是它的重要成果之一。

新的启发使天体物理学出现了一种新气氛，这就是理论物理向天体物理的全面渗入，翻开今天的天体物理期刊就会发现，与 50 年代大不相同了，如今几乎理论物理的所有方面，如引力及时空、粒子、核、原子、分子、等离子体、固体、辐射和激光等等，在天体物理中都用到了。我们在前面所讲的“地震”事例，就是根据超流等理论分析的结果。新的理论性分支如相对论天体物理、等离子体天体物理、高能天体物理，就是在这种形势下应运而生的。

这种新局面也引起一种“反馈”。这就是，在“正统”的物理文献中天体物理的内容越来越多。各种新理论都喜欢引申一下它们的天体物理含义，企图用天体上或宇宙间特有的物理条件来检验一下理论的合理性。比

如，最近有人用宇宙学的观测事实来检查重中微子理论，就得到，如果有稳定的重中微子，则其质量应大于 20 亿电子伏，就是一例。

回顾物理学的发展，的确有许多重要的理论概念是出自对天体的研究。经典力学是最典型的一个。仅仅根据人们在生产活动中所了解的力学现象，要想总结牛顿的运动三定律，在 300 年前是完全不可能的。在当时，唯有依靠关于行星运动的精密观测和研究，才能创建整个力学体系。牛顿完成他的工作之后等待了六年，直到天文学重新测定了月地距离等数据之后，才敢于发表他的《原理》，这个事实最好地说明他的概念的依据在哪里。

今天，正处于新阶段的天体物理理论研究，将会导致什么结局呢？有没有可能再次出现由哥白尼—伽利略—开普勒—牛顿所代表的那种重大突破呢？自然，目前还没有任何足以使人乐观的根据。但是，至少天体物理已经提出了一系列理论问题。为什么太阳的中微子发射比预期值小得多？发射线暴发，X 射线暴发的机制到底是什么？为什么许多射电源具有规则的成双结构？类星体、活动星系核的能源是什么？为什么某些星系等天体系统的结构非常有序？为什么几种最长的时标（哈勃常数倒数、球状星团年龄、同位素年代学）都差不多是 100 多亿年？为什么我们周围的天然的反物质比较少？为什么各种物理常数在很大的时空范围内是不变的？为什么我们所在的天区空间是三维而时间却是一维的？

可以判断，这些问题必定有不少可以用常规的理论加以解决。但是，其中是不是完全没有可以模拟于伽利略、开普勒时期的那种可能引起重大理论突破的因素呢？似乎也还没有人敢于作出完全否定的武断。正因为如

此，天体物理不仅是应用已知理论规律的“横向”科学前沿，而且可能是促进发现物质世界新规律的“纵向”科学前沿。

（原载《光明日报》1978 年 5 月 19 日）

(返回目录)

现代宇宙学及其哲学问题

宇宙学是各种各样争论都比较多的一个领域。关于宇宙学本身，就存在着几派不同的看法。一派认为根本不存在成其为科学的宇宙学，宇宙学只是一门伪科学，或者像法国物理学家布里渊说的，宇宙学只是“纯粹的幻想”。另一派认为宇宙学是不能否定的，天文观测已经碰到了大尺度问题，这些课题是客观存在的不是虚构的。但他们认为，目前观测结果尚少，因而应着重于观测的积累，数据的整理，少谈宇宙模型，少谈理论。一些从事观测的天文学家持有这种态度。再一派则认为，不但要重视观测事实，也要努力去分析机理；不但要看宇宙的现在，也要探索宇宙的演化，根据理论与观测之间的对证来发展宇宙学。

我们认为，第一派的观点是不对的。因为天文观测已经提出了一系列大尺度天体现象的问题，研究这些问题，就是科学，就是宇宙学。尽管由于种种原因使这门学科的理论还很不成熟，但不成熟与伪科学是完全不同的两回事。第二派的看法也有不足之处。要想完全不涉及任何模型来做单纯的收集和整理资料的工作，是不可能的。没有理论思维，就会连一些简单的事实也联系不起来。问题是思维得正确不正确；问题是我们只能在实践所给定的条件下进行认识和推理，这些条件达到什么程度，我们便认识到什么程度。如果把运用思维的研究停下来，等待资料的纯化，那并不是一种促进的态度。相反，几十年来现代宇宙学的发展史证明，理论分析起着不可忽视的作用。

总之，现代宇宙学是一门自然科学，是科学实验发展到一定阶段的产

物。它所研究的课题，就是现今观测直接或间接所及的整个天区上的大尺度特征。即大尺度上的时间和空间的性质，物质及其运动的规律。“我们的自然科学的极限，直到今天仍然是我们的宇宙，而在我们的宇宙以外的无限多的宇宙，是我们认识自然界时所用不着的。”的确，作为自然科学的宇宙学，无论古代的，或是现代的，其研究现象从来都是人类在一定时期观测所及的“我们的宇宙”。

我们生活在地球上，地球只是宇宙间一个很小的天体，我们在这样小的范围中进行观测，有没有可能认识大尺度中的规律呢？答案是肯定的。部份与整体是有联系的，我们在地球上观测到的某些局部现象，其中就包含着大尺度的信息。举两个例子：一个是夜黑问题，一个是放射性问题。

先谈夜黑现象。夜是黑的，这可以说是人类最早观测到的天文现象了。但是这个平凡的现象却并不容易给以解释。如果假定：（1）空间是无限的，星辰均匀分布在无限空间上；（2）时间是无限的，无论多久之前都有星辰充满着空间，它们的亮度也没有系统性的变化；（3）星体系统没有整体性的运动；（4）在大尺度上，光的传播规律与地球上的规律相同。那么，就可以证明夜并不是黑的而是亮的。这个论证结果习惯上称为奥伯斯（Olbers）佯谬[1]。夜黑这一观测事实证明，奥伯斯在论证中所用到的前提必定有错误，也就是说，四条假定里，至少有一条是不能成立的。注意到这四条假定，每一个都涉及大尺度上的时空及物质运动的属性，因而，无论否定或者修正那一条，都会使我们对大尺度的性质增加新知识。可见，夜黑这一局部观测到的现象本身就是一个属于宇宙学研究的课题。

上个世纪中对奥伯斯佯谬给出过许多解释，后来大部份都被否定了。

恩格斯在《自然辩证法》中提到过的一些可能的解释，也已被证明是不成功的。只有一种较有影响的观点延续到本世纪，即等级式宇宙学模型。这个模型取消了上述第一条假定，认为星辰分布是不均匀的，而是以一定规律的成团形式分布的。

再谈放射性元素问题。在已知的化学元素中有 81 种是稳定的，约包括 280 种核素。除此之外，地球上还有少量天然放射性元素。像 U^{238}，U^{235}，K^{40}，Rb^{87}， Re^{187}，Th^{232} 等等。这些放射性元素有一个共同的特点：寿命都较长，大都在十亿年之上，在地球上很少天然存在的短寿命放射性元素。此外，在放射性元素中，也是长寿的含量多，短寿的含量少。像 U^{238} 比 U^{235} 寿命长，它的含量也就比 U^{235} 多。

这些事实，说明元素一定有演化。既然放射性元素越来越少，那么，当初必定有产生放射性元素的过程。地球上只有长寿命的元素，可能是因为地球年龄已经相当长，短寿的都衰变完了。放射性元素是什么时候产生的？天体上的化学元素经历过怎样的变化？这些问题至少要涉及十亿年以上的时间尺度。可见，放射性元素这一在局部的短时间的现象也是与大尺度问题紧密联系着的。

夜黑及放射性元素虽然分别提出了大尺度的空间及时间问题。但是它们都没有给出解决问题的途径。所以，二者只能算是现代宇宙学的先声，真正促使现代宇宙学诞生的事件是河外星系谱线的系统性红移的发现。

所谓红移，就是原子、分子或离子所发射的特征谱线的波长变长了。如果原来的波长是 λ_0，移动后是 λ，红移量就定义为 $Z=(\lambda-\lambda_0)/\lambda$。天文观测发现，除了邻近我们的几个星系外，河外星系普遍有红移。后来又总

结出一条规律：星系的距离越大，红移量也越大，二者之间大体存在着线性关系。这就是哈勃关系，比例系数称为哈勃常数。现代天文观测已经多方面改进了哈勃最初的结果，但是存在哈勃关系这一点仍然是对的。

这个基本事实说明了什么呢？

首先，系统性红移现象的独特性质，表明在星系团以上的大尺度中存在着有别于其他尺度的物理特性。大尺度上的物质运动，时空结构等性质，并不就是小尺度上的简单外推或堆砌。

其次，系统性红移的存在，说明应当从“系统”的角度来研究已观测到的所有星系构成的集合。在红移现象发现之前，虽然已经开展了对河外星系的研究，然而，对于整个观测所及的大天区来说，还只是作为许多关系不大的星系集合来看待的。红移现象第一次揭示出这个星系的总集合也具有统一的特征，具有整体性的一面，系统性的一面。

正是由于这些作用，红移的发现促成了现代宇宙学的诞生。

在物理学中，有许多因素能形成谱线的红移。但是，河外星系的红移是一种所谓一致的红移，即对同一天体而言，所有谱线的红移量都是一样的。在目前已知的理论中，只有多普勒效应以及引力红移两种机理可以解释这类红移。用引力红移来解释系统性的红移，有其他方面的困难。因此，多普勒效应的解释就成了一种很自然的尝试。按照这种解释，哈勃关系意味着星系逃离我们的速度与其距离成正比。即各方向上的星系都在退行；距离较近的，退行速度较小；距离越大，退行速度也越大。在星系的集合上呈现出一派四散奔逃的运动图景。这就是宇宙膨胀观念的来源。

宇宙膨胀观念一开始就同某些旧传统发生尖锐的矛盾。尽管天文学逐

步确立了地球在运动、太阳在运动、银河在运动的结论，但是往往却默认：在一个更大的尺度上，平均来讲，天体是稳定的。这种大尺度不变观有它的认识论上的根源。因为，人们肉眼常见的恒星天在形态上的变化是极小的，在认识粗浅的古代，由此产生大尺度上不变的观念，是很自然的。考察中外古代绝大多数宇宙理论都把“最高”的天穹看作一个坚硬不变的壳，就是这种不变观的具体表现。到了近代，虽然恒星天的硬壳早已被打碎了，可是“最高”天穹的不变观仍然沿袭下来，成了一种潜在的成见。正是宇宙膨胀观念的出现，才对这种成见发起了一次有力的冲击。宇宙膨胀观念的发展至少已迫使人们认识到平均不动的图像并不是“不证自明”的。这本身就是宇宙膨胀论的一个很有意义的成果。

有一种观点，认为红移现象是大尺度上特有的现象，因而它是由大尺度上的新规律造成的。当然，我们不能排除在红移现象的背后有新规律存在的可能。物理学以及天体物理学的任务之一就是研究和探索支配着自然界的各种规律。然而，倘若抱着凡是看到“新”字，就认为一定是好这种态度，那就走向了反面。自然规律的特性之一就是具有普遍性，如果不借助在地面实验中发现的自然规律的普遍性，认识天体是寸步难行的。根据运动的表观特性的不同即断定运动规律也必定不同，这种推论在天文学上是有过教训的，亚里士多德根据天体运行方式与地面附近物体运行形式的不同，断言月亮以下与月亮以上是两个不同的世界，两个世界中物性全然不同。这种天地本性不同的观念在很长时期里束缚着人类对于天体的认识。直到牛顿的引力理论和三大运动定律，统一地解释了行星、卫星的运动和落体的运动之后，人们才觉悟到所谓“两个世界”的界限是不存在的，

行星的运动形态尽管与地面物体不同，但二者都遵从同样的力学运动规律。这一段历史事实，不能不使我们对某一些根据红移现象特别就断定必有新规律的观点采取谨慎的态度。

初接触宇宙膨胀观念的人，常有一个疑问，如果所有星系都在退离我们，那么，地球不又成了宇宙的中心吗？这是一种误解。膨胀与中心并不是必然联系着的，可以有膨胀但却没有中心。事实上，广义相对论中一类膨胀型宇宙解，就是在没有中心这一原则下求出来的。按这一类解，不仅地球不是中心，而且任何一点也不是宇宙的中心。虽然我们在地球上看到周围星系相对于地球都在退行，如果到其他星系上去观测，也将发现周围星系相对于该星系在退行，没有任何一点具有特殊的相当于中心的地位。这就是一幅有膨胀而无中心的图像。

还应该指出，按照广义相对论的膨胀宇宙解，大尺度时空不一定是平直的，而可能是弯曲的。也就是说，大尺度空间可能明显地偏离欧氏几何，而且时空的性质与其中的物质及运动的特性有关。这些进展是很有意义的。至少它已经启发喜欢思考的人们认识到，许多习以为常的时空观念可能是由于人类活动天地过于窄小而造成的偏见。比如，有一种观点认为：只要空间没有一个方向是有终点的，不论是向前或向后，向上或向下，向左或向右，那么，这种空间就是无限的。其实，这就是活动天地窄小而带来的东西。一个没有终点的空间并不一定是无限的，而可以是有限的。前后、上下、左右这些概念本身就是来自局部经验的东西，在讨论全局问题的时候，它们可能是没有意义的。如果先验地认为我们的宇宙必定是沿着某个方向可以一直走下去的一种欧氏空间，那么不妨回忆一下 2,000 多年

前早期的盖天说，这种宇宙理论主张大地是平坦的。它的存在除了证明当时人们的活动地域有限，对于大地是平是弯还分辨不清以外，还能有什么呢？有鉴于此，我们同样不能把“沿着某个方向可以一直走下去”等等认为是无须检验的哲理，更不能无条件地加以接受而做为衡量各种宇宙模型的准绳。

现在来谈宇宙膨胀说的观测检验。第一个还是夜黑问题。由于宇宙膨胀论取消了导致奥伯斯佯谬的第三条假定，因而在这种模型中不再有夜黑佯谬，符合观测的结果。

第二个检验是星体的年龄问题。宇宙膨胀论主张星系相互作分离运动，故空间中星系越来越稀疏。倒回去说，越往早期，星系越密。显然，当星系密集到一定程度时，星系不可能再以我们目前观测到的形态存在。今天看到的一切星体都将是在那个密集时代之后产生的。因而，一切星体的年龄都必须短于从密集时代到今天所经历的时间。利用哈勃常数 H 可以估计出密集时代约发生于 1/H 年之前。按照哈勃最早的测量，$1/H=l0^9$ 年，即十亿年。这就是宇宙膨胀论所预言的各种星体年龄的上限。

这个上限太小了。地质学证明，地球已经有几十亿年的历史。根据同位素年代学，太阳系年龄约为 46 亿年。由球状星团赫罗图可以推定一些老的球状星团大约有 160 亿年的历史了。这些年龄都大大超过宇宙膨胀所给的年龄上限。所以，宇宙膨胀论一度受到普遍的怀疑。爱因斯坦在当时曾说：“既然由这些矿物所测定的年龄在任何方面都是可靠的。那么，如果发觉这里所提出的宇宙学的理论同任何这样的结果有矛盾，它就要被推翻”。

为了摆脱这种困境，出现了稳恒态宇宙学模型。这个学说认为宇宙虽有膨胀运动，但却没有一个密集时期。既要宇宙在膨胀，又要物质分布的密度不变化，只有一个办法，即假定宇宙中不断有物质产生，以弥补膨胀引起的损失。这就是稳恒态模型的基本观点。

随后，不少观测工作开展了对稳恒模型的检验。如果星体的分布密度是不变的，即过去的密度与现在的相同，那么，遥远天区中星体密度应与近邻天区是一样的，这是因为我们看到远的天区也就相当于看到早的时刻。对各种距离上的星体密度进行比较，在天文学中叫做计数。60 年代开始，射电天文学家做了不少射电源计数工作，结果发现，射电源的分布密度随着距离的不同有明显的变化，也即是随着时间有明显变化。这样，就从观测上直接证明了我们的宇宙是有演化的，稳恒态宇宙学模型是不符合观测结果的。

在差不多同一时期里，观测宇宙学家发现，哈勃用以测定距离的“标尺”是有问题的。首先，关于变星光度的标准取得不对，他没有分清存在两类变星，致使他所得到的距离都比实际的小。考虑这个修正后，河外星系的距离要加大近一倍。后来又发现，哈勃在用最亮恒星作标尺时，也有混淆，某些被认为是最亮的恒星，其实并不是恒星，而是很亮的等离子体发光区。这个修正使距离进一步加大。总的结果是改变了哈勃常数，按目前的测量约有 1/H≈200 亿年。这个时间大于所有星体的年龄的估计结果，使宇宙膨胀论中的年龄困难不再存在了。

40 年代末开始，人们进一步研究宇宙膨胀论中早期密集状态的物理性质。寻求宇宙膨胀模型的更多的物理结论。

其中影响最大的是伽莫夫（Gamow）一派。按照这一派的观点，在整个宇宙膨胀的演化史中，以物性为标准大体可以分成三个阶段。第一个阶段是宇宙的极早期，那时宇宙间的温度极高，在百亿度以上。物质密度也很大，整个体系达到平衡。在这种条件下，其中不仅没有地球、没有太阳、没有任何星体，甚至除去氢原子核之外，也没有其他任何化学元素，只有质子、中子、电子、光子及中微子等一些基本粒子形态的物质。宇宙处在这一阶段的时间不长，也许不到一分钟。因为整个体系不断膨胀，结果使温度迅速下降，而进入第二阶段。

在第二阶段，中子开始失去自由存在的条件，中子或者发生衰变，或者与质子结合形成氘及氦等等核素。化学元素就是从这一时期才开始形成的。由于体系仍在不断膨胀，当温度下降到百万度以后，形成化学元素的过程也结束了。这一时期，宇宙间的物质主要是质子、电子和一些轻的原子核，光辐射依然很强。仍然是没有星星的世界。当温度降到几千度时，光辐射的作用才减退到次要地位，第二阶段到此也就结束，前后历时约数万年。

第三阶段中，宇宙间开始主要是气状物质。随后气云逐步凝聚成各种星和星的体系。宇宙开始了星的时代。在亿万颗恒星中，有一颗是太阳，在太阳系的演化中造就了能够认识宇宙的人类。我们今天仍然生活在这个阶段中。

补充了这种物性分析的宇宙膨胀论，一般称做热大爆炸宇宙学。它的物理内容比早期的宇宙膨胀模型更丰富了，而且与天文观测的关系也更加密切了。

通过热大爆炸理论，元素起源及演化也与宇宙学挂上了钩。应特别提一提的是氦的产生问题。氦这种元素在地球上很少，但是在天体上却相当多，按重量约占四分之一到三分之一。这样多的氦是从那里产生的呢？恒星内部有聚变，可以把氢变成氦。然而，恒星的年龄最多只有一百多亿年，在这样的时间里远远来不及形成如此多的氦。这在天文学中曾是一个谜。但是利用大爆炸模型却很容易解决这个问题，因为在宇宙早期存在着产生氦的高温环境。尽管那个时间很短，但产生效率却很高，足以把宇宙间三分之一的物质完全变成氦。如果氦是由这种宇宙学机理所产生的，那么所有星体中都应含有比例大体相同的氦。这是可以检验的一个推论。观测表明，在许多不同类型的天体中的确差不多都含有约三分之一的氦元素。

根据氦的含量以及宇宙膨胀的速度，就可以计算出宇宙早期的温度。由这些早期的温度和膨胀速度等又可以推知宇宙现在的温度。这又是一个可以进行检验的推测。因为，任何体系在一定温度下都具有一定的辐射，叫做热辐射。倘若宇宙有确定的温度，则其中必定也弥漫着相应的热辐射。1965 年以来证实了宇宙间确有热辐射存在，其温度约为绝对温度 3 度。这个结果，在定性上和定量上都与热大爆炸理论的预言是基本符合的。

70 年代开始，利用射电望远镜观测到星际分子中有出乎意料多的氘，按照元素在恒星中产生的理论，也不能解释氘的存在。而按大爆炸理论，在宇宙早期也能产生氘，其数量可以达到观测值，因此，氘的含量的测定，在一定程度上可以说是对热大爆炸模型的又一次支持。

在现有的几种宇宙模型中，热大爆炸是比较成功的一种，因为它能说明的观测事实比较多，而且它的一些最重要的预言也被观测所证实。正因

为如此，这个学说受到广泛的重视。

有一种批评，说大爆炸学说与宇宙热寂说是相似的东西。这种批评只是根据字面的相似，以为大爆炸中的从热到冷的演化就是一种热寂。顾名思义不是严肃的态度。其实，这是没有弄懂“从热到冷”与“热寂”二者的物理含义。“热寂”说指的是认为宇宙像一个热力学孤立体系一样，总是从不平衡趋向平衡，从有序趋向无序而到达死灭。热大爆炸则完全不同，它的温度虽然从热到冷，但是其中却有一系列从简单到复杂、从无序到有序的发展阶段，由基本粒子到形成原子和分子，进一步再形成更加有结构的液体和固体，最后形成复杂的有生命的有机体。这种从无序到有序的发展趋势与温度的从热到冷变化是相容的。甚至可以说，从热到冷的温度变化正是物质朝着更高层次发展的一种必要条件。我们常看到，许多物体正是在从热到冷的过程中发生从无序到有序的变化的。例如，无序的液体冷却后可以形成有序的晶体。这一类朝更有序状态的发展过程与热力学第二定律是完全符合的。一面从热到冷地变化，一面物质结构不断向更高层次发展，这两者在热大爆炸宇宙学中是统一的。把“从热到冷”等同于“热寂”，在物理上是错误的，在哲学上也是没有根据的。

大爆炸学说，有不少成功的地方，也有自己的困难和问题，如星系的形式，各向同性的因果性等就是有待解决的一些问题。这一学说，至今仍然是一种科学假说，只有通过更多的观测和理论分析，才能进一步发展它、丰富它，或者修改它、抛弃它。自然科学理论应当建立在观察和实验的基础上。现代宇宙学也不例外，只有依靠科学实验才能发展现代宇宙学，才能最终解决各种争论。

然而，在“四人帮”的哲学代替论盛行的时候，科学的方法被取消了，所谓“理科大批判”成了自然科学中一切是非的最高裁判所。在那里，不是依靠科学实验的检验，而是根据某些先验的“原则”来处理各种自然科学理论的是非争论。热大爆炸宇宙学，甚至整个现代宇宙学，就是曾被他们判处“极刑”的理论。

自然科学的研究，尤其是基础理论的研究是离不开哲学的。选择方向，确定课题，寻找方法，都不能离开哲学的思考。因此，必须用正确的哲学思想指引具体的科学研究。“四人帮”以极左的面貌，歪曲哲学的指导作用，取消具体的自然科学的研究，按照他们的“逻辑”，碰到自然科学中的争论，只要去找一找语录，或者用某些哲学“原理”推论一下就可以知道哪个对哪个错了。可惜世界上没有这等廉价的事。就以哥白尼的日心说为例，他反对地心说，主张地球有公转及自转两种运动，我们能不能从代替论者那里找到一条原因，用以逻辑地证明地心说一定错误，逻辑地证明地球一定有公转及自转呢？答案显然是否定的。自然科学的争论最终只有靠科学实验来解决。只有通过光行差这类实验才能科学地证明地球有公转，只有通过佛科摆这类实验才能科学地证明地球有自转。哲学的原则不能取代佛科摆实验来证明地球有自转，也不能取代光行差实验来证明地球有公转。哥白尼反对神学化的地心说，是用科学来代替宗教信仰，而不是用新的信仰来代替旧的信仰。检验自然科学理论的标准，就是科学实践。企图用一些“永恒不变的原则”代替实践，甚至凌驾于科学实践之上来作为判断各种自然科学理论是非成败的标准，那决不是自然辩证法，而是以自然辩证法为旗号的束缚科学的新教条。

实际上，自然辩证法规律本身就是从各个具体的自然科学领域中总结和概括出来的。因此，随着自然科学的发展，自然辩证法也要发展，也要改变自己的形式。近一百年来，时空的几何、相对论天体物理、现代宇宙学几方面的发展使人类在有关时空、物质及其动力学等方面的知识有了极大的进步。人们对宇宙的认识已经大大不同于以尸佼的“上下四方曰宇，古往今来曰宙”所标志的时代了。这里就是自然辩证法应当有所发展的一个地方。如果不顾这些巨大的变化，仍然断取恩格斯一百多年前有关时空的某些只言片语来评判当今的各种宇宙模型，那是完全背离恩格斯的本意的。

还有一种更奇怪的公式：××理论能说明一些观测事实，有一定科学价值，但是，这些理论大多是离开辩证唯物主义企图对宇宙作出哲学说明。在这种公式里，离开能否说明观测事实，离开是否具有科学价值，也就是离开科学内容来判断所谓“哲学说明”是否离开辩证唯物主义。这种判断方法所依据的难道是辩证唯物主义哲学吗？可见，所谓代替论，不仅虐杀了科学，也毒害了哲学，取消了称得上是科学的科学，也抛弃了称得上是哲学的哲学。伽利略有一句话，很适合这种自命的“哲学家”。他说：“这些人甚至连这个称号都不配”，“他们满足于崇拜死人；他们不是以应有的慎重态度来进行哲学研究，而仅仅是用他们所背诵的几条理解得很差的原则来谈哲学”。现在是清除这些以背诵几条理解得很差的原则来冒充辩证唯物主义，并强迫别人去对他们顶礼膜拜的新宗教的时候了。

“四人帮”围剿现代宇宙学是他们在自然科学中实行法西斯文化专制的一个组成部份。历史上许多反动的政治势力都喜欢自命为宇宙学的正统

代表，乞灵于腐朽的宗教“经典”，肆意摧残科学的宇宙学，用以巩固他们的统治地位。19 世纪初，当哥白尼的学说已经被证明是科学真理的时候，中国清代嘉庆、道光年间竟还有个封建官僚阮元，根据什么“经典”咒骂太阳中心系是“离经叛道，不可为训”。“四人帮”对现代宇宙学，对大爆炸模型的批判，也就是这类东西，令人觉得可恶，又令人觉得愚昧无知得可笑。

科学的宇宙学假说总是在与宗教的斗争中成长的，历史上是这样，今天看来仍然是这样，50 年代苏联对宇宙膨胀学说本身的批判，是没有根据的；70 年代“四人帮”对大爆炸学说的批判更是宗教裁判所式的对科学的扼杀。要健康地开展现代宇宙学的研究，首先应当打碎这些批判带来的迷信和蒙昧。

（1978 年 7 月在全国自然辩证法夏季讲习会上的报告）

编者注译

[1] 括号内的外文为编者按新出政发【2010】11 号要求将原文中的外文翻译为中文后保留的原文，采用 Times New Roman 字体。

（返回目录）

引力波理论获得第一个定量检验

今年是爱因斯坦诞生100周年。在这个很有纪念意义的日子即将到来的时候，爱因斯坦的广义相对论又获得一项极重要的成果，这就是引力波理论得到了第一个定量的观测根据。

这项工作是由美国射电天文学家泰勒等三人完成的。在1978年12月中旬召开的第9次德克萨斯相对论天体物理学讨论会上，泰勒宣读了他们的工作结果。当短短的20分钟的报告结束后，与会的科学工作者都非常兴奋，大家认为，这是对爱因斯坦的一个最好的纪念。

1916年爱因斯坦完成了他的广义相对论理论，同时预言在太阳的引力场中存在一个可以进行观测检验的效应——光线弯曲。随后，爱因斯坦根据广义相对论的基本理论进行了两方面的研究：其一是1917年对宇宙学的研究，他预言大尺度时空可能是弯曲的，开创了相对论宇宙学这一领域；其二是1918年关于引力波的研究，他预言有引力波存在。

因此，对广义相对论理论进行观测检验大体可以分成三个方面：一是在静引力场（特别是太阳引力场）中的各种效应；二是有关大尺度时空的性质；三是有关引力波的存在。

爱丁顿领导的观测队，在1919年5月29日日全食时进行了光线弯曲观测，其结果不仅仅令人信服地证明了光线弯曲，而且在定量上也与爱因斯坦的预言是一样的。这是第一次以天文观测证实爱因斯坦关于静引力场各种效应的预言。

1927年，哈勃发现了河外星系的红移和距离之间的线性关系。这是

第一次以天文观测支持广义相对论对大尺度时空的论断。

几十年来，在静引力场和宇宙学两个方面,广义相对论都获得了更多更有力的天文观测的支持。前者通常属于太阳系中的相对论检验，后者则属于观测宇宙学。然而，关于引力波的实验检验情况却不相同。这个检验在一定意义上说比前二者更加重要，就像电磁波的存在与否是对麦克斯韦提出的电磁场方程的最关键的检验一样，引力波的存在与否对于爱因斯坦的广义相对论也是一个关键性检验。尽管意义重大，然而引力波的效应却太微弱了，以致许多人对于这个实验课题望而却步。

直到 50 年代末期，才有人企图用观测来检验这个理论。当时美国马里兰大学的韦伯开始设计和安装可以接收引力波讯号的天线。到 1969 年，韦伯曾经宣称，他的仪器收到了来自银河中心的爆发式的引力波讯号。这项工作曾经轰动一时，随后，美国、苏联、英国、联邦德国、意大利、日本、法国、加拿大、澳大利亚以及以色列等国都出现了探测引力波的实验小组。但是，所有这些小组都没有收到任何引力波讯号。所以至今韦伯的结果没有得到大家的承认。

现在一般认为，目前的物理实验室中的引力波天线灵敏度太低，还不足以接收到天体发射的引力波。努力提高接收系统的灵敏度，是各引力波探测小组当前正在做的事。

天文学利用天体环境的特点，采取测量双星轨道周期的变化的方法证实引力波的存在。所谓双星是两颗互相围绕着转动的恒星系统，绕转一周的时间叫做轨道周期。根据广义相对论，双星是一种典型的引力辐射源。由于不断发射引力波，双星系统的能量逐渐变小，以致两星之间的距离渐

渐减小，轨道周期变短。因此，只要能观测到双星轨道周期由于发射引力波而引起的变短，就可以对引力波理论进行定量的检验。

1974 年找到了一个适于进行这种检验的双星，它叫做 PSR 1913+16，是一个射电脉冲星双星。这个双星很特别，它的两颗星都是致密的（即质量很大而体积很小），轨道周期只有约八小时，而且其中之一是射电脉冲星，脉冲周期仅 59 毫秒。因而，根据脉冲讯号到达的时间，我们就可以确定这个系统的许多物理参数。泰勒等人为了使观测数值足够地精确，从发现以来，他们对这个双星一直进行监视性观测，四年多时间进行了上千次观测，使许多参数的精度达到百亿分之几，终于测出了它的轨道周期的减少率。这个数值是每转一周，周期大约减小原来值的万亿分之三。这个结果与理论预测相当好地符合。这样，我们就可以说：自从引力波理论建立 60 年来，它终于获得了第一次的定量的检验。

到今天，爱因斯坦最早提出的关于广义相对论的三个可以进行检验的方面，都已有了或多或少的观测根据。

值得提一提的是，这三方面的检验都是首先从天体现象中获得的。这证明，天体物理学有发展和检验基本物理规律的作用。

从物理发展史看，上述观点并不是新鲜的。牛顿正是依靠开普勒行星运动规律，提出了经典力学的基本概念。爱因斯坦正是根据水星近日点进动的观测值最终判定了他的引力场方程。可见，这两位划时代的物理学家在发展各自理论的时候，都从天体现象中吸取过营养。

但是近来有一种看法，认为天体观测比较粗糙，远不及物理实验室，因而天体物理不会再起它曾经起过的那种作用了。泰勒等人的工作对这种

观点来说，是一个反例。的确，许多天体观测由于条件的限制是很粗的，但是也存在一些天文观测，就其规模和精密程度来说，就是今天的实验室也是不能与之匹敌的。就 PSR 1913+16 这个双星系说, 它的公转速度并不高, 只有（v/c）$^{3}\approx 10^{-3}$，还不是相对论性的。不过，由于测量仪器之精密，已经可以辨认出（v/c）$^{3}\approx 10^{-9}$ 级的效应，即达到了可以感到引力波效应的精度。

所以, 可以说 PSR 1913+16 是一个比当今的物理实验室更好的天空中的相对论“实验室”。天空中不仅有一个 PSR 1913+16，其它空中“实验室”也有待于人们去发现，去识别。

（原载《自然辩证法研究会通信》1979 年 2 月 10 日）

(返回目录)

宇宙学上光辉的一笔

白痴的问题

宇宙究竟是无限伸展的呢？还是有限封闭的呢？海涅在一首诗中曾提过一个答案：

“一个白痴才期望有一个回答。”[1]这是 1917 年 3 月 12 日爱因斯坦给德西特[W. de Sitter][编注 1]的一封信中的一句话。

那一年，爱因斯坦和德西特都正致力于用广义相对论来构造宇宙模型。尽管那是第一次世界大战的动乱年代，但他们却书信往来频繁，认真地探索这个只有白痴才期望有的答案。的确，有许多令物理学家和天文学家废寝忘食的问题，就是让最富于幻想的诗人看来，也觉得是近于荒诞的，似乎只有白痴才愿意在这些问题上枉费年华。其实，这是不对的。奥本海默曾经说过：“现在的物理学越来越脱离‘常规’而不被一般人所理解了，今后的物理学会更加脱离常规而不被人们所理解。是的，大自然并不把她的内在的和谐美轻易地呈献给一切人，只有那些勇于献身的人才能窥见她的一斑。在自然科学面前，可以说全部有关自然界的问题都是有意义的。如今，世界上太多的也许不是白痴式的问题，而是白痴式的答案。有什么理由说宇宙的无限伸展与有限封闭不能加以研究呢？所谓‘没有意义’者本身，可能就是一种堵塞研究甘居蒙昧的白痴式答案。”

在 1917 年这一年里，爱因斯坦发表了他的第一篇宇宙学论文，也是相对论宇宙学这一领域的第一篇论文，题目是《根据广义相对论对宇宙学所作的考查》。虽然时间已经过去 60 多年，但是，这篇开拓性论文所引进

的许多观念，至今仍然极大地影响着现代宇宙学的发展。

爱因斯坦在 1916 年刚刚确立了他的广义相对论。为什么紧跟着他就转向了对宇宙的考查呢？这是有原因的。

$GM/C^2R \approx 1$ 的唯一对象

作为一种新的引力理论的广义相对论，在基本概念上与牛顿万有引力理论有质的差别。但是，对于绝大多数已知的物理现象来说，这种差别的量却是十分微小的。当引力场很弱的时候，只要应用广义相对论的最低级近似就已经很好了，而在这一级上广义相对论与牛顿理论是完全等价的。

在太阳系中，只有很少几个效应同广义相对论的第一级近似有关。这就是著名的引力红移、光线弯曲和水星近日点进动等三大验证，以及 60 年代以来才开始进行的雷达信号延迟实验。这几个实验尽管相当精细而且重要，但却不足以显示广义相对论与牛顿理论之间巨大的质的差别。

只有在强引力场的情况，才能真正看到广义相对论的深刻和独到。可是，在爱因斯坦那个时代，在所有已知的地面现象或者天体过程中几乎都不存在强引力场。牛顿力学效用的普遍性似乎是不容置疑的。然而，在自然界中存在着一个，在那时也仅仅知道有一个例外。这个例外的对象不是别的，就是我们生活在其中的整个宇宙，它的引力场是强的，而且它使牛顿理论遇到真正的困难。

引力场的强弱可以用 GM / C^2R 来标志，其中 G 是万有引力常数，C 为光速，M 和 R 分别是一个体系的质量和几何大小。当体系的 GM / C^2R 值远小于 1 时，体系的引力场是弱的，当 GM / C^2R 值近于或等于 1 时，

则属于强场。下表列出了几个常见对象的 GM / C^2R 值。

名称	质子	人	地球	太阳	银河	宇宙
GM / C^2R	10^{-40}	10^{-23}	10^{-10}	10^{-6}	10^{-8}	1

可见，在爱因斯坦那个时代，宇宙是唯一可以充分显示广义相对论力量的对象。正是这一点，促使爱因斯坦转向了宇宙学。

在爱因斯坦的科学工作中，有一个非常突出的特色，这就是他往往能从一些最平凡的简单问题中，揭示出根本性的矛盾，引申出深刻的道理。狭义相对论关于同时性概念的分析、广义相对论关于惯性质量与引力质量等价性的分析，都是极典型的事例。爱因斯坦在发展宇宙学的时候，同样如此。

什么是宇宙学中被爱因斯坦抓住的“简单”而又根本性的问题呢？

无限宇宙与牛顿理论两者之间的困难

到 20 世纪初年，宇宙空间的无限性和牛顿引力理论的普适性，好像已经是科学中有定论的东西了。

的确，无限宇宙作为一种自然哲学的观念，在冲破中世纪宗教宇宙学的精神束缚的斗争中，起过非凡的作用。以哥白尼–开普勒–伽利略为代表的一代先驱者，用科学的论证推翻了宇宙以地球或者耶路撒冷为中心的神学教义，牛顿的理论则最终给这些新观念奠定了动力学基础。这一系列的成功，也使人们默认了这样一幅宇宙结构图：宇宙的空间是无限的，无论向前向后、向上向下、向左向右都可以一直走下去，没有一个方向是有终点的。也就是说，宇宙空间是三维欧几里得几何的无限空间，无限的天体

则布满在无限的空间之中。然而，这样的宇宙结构图是不是真有科学的根据呢？没有。不仅没有，而且有内容的矛盾。

每一次科学上的重要进展之后，由于它的巨大声誉，往往会使某些后来的人不去认真思索或者不愿思索由这些进展所带来的新观点中，哪一些是真正被证明了的真理，哪一些还只是猜测或假说，以致将各种观念不加分析地笼统地接受下来，像宇宙空间的三维欧几里得几何无限性和牛顿理论在宇宙学上的适用性，就属于后一类观念。尽管许多人已经习惯于接受它们，然而它们的正确性并不是先验自明的。

爱因斯坦的第一步工作，就是分析这个似乎不成问题的观念中存在的问题。

首先，如果物质布满在整个无限宇宙之中，那么，无限远处的引力场就不会变为零。但是，另一方面，在讨论局部的天体运动时，我们总是假定可以选取这样一个参照系，以使引力场在无限远处变为零，而且这个无限远的条件，对于解决许多局部的天体运动问题是不可缺少的。这样，我们就处在二者择一的境地，或者放弃牛顿力学作为天体运动的动力学基础，或者认为天体并不是均匀地分布在整个无限空间里，而是只占据一个有限的范围。若采用后一种看法，则牛顿的宇宙仍然是一个有限的宇宙。

其次，即使假定天体只分布在有限的空间中，按照牛顿理论，这个体系也是不稳定的，它或者将发生坍缩，或者将飞散而瓦解，这都不符合星体速度不大这一观测事实。

总之，只要用牛顿理论来分析这个无限空间中星的体系就会发现它们存在着难以克服的内在矛盾。原则上，根据牛顿力学不能建立（更谈不上

精确地）无限宇宙这一物理体系的动力学。换句话说，从牛顿理论及无限宇宙这两点出发，我们根本没有一个自洽的宇宙模型[1]。因此，结论是：要么修改牛顿的理论，要么修改无限空间的观念，或者两者都要加以修改。

这就是爱因斯坦在无限宇宙说面前提出的一个“简单”却令人无法回避的问题。

一个闭合的连续区

当然，这里也存在一条便当的回避问题的途径，这就是认为寻找整个宇宙作为一个物理体系的动力学是根本不可能的。人类的认识能力只容许我们对宇宙中一个个的具体情况加以研究，而不要去奢望谈论无限宇宙的普遍有效性，倘若考虑到宇宙是那样的至大无边，那样的复杂多变，这种对整个宇宙安于无知的立论似乎也是不无道理的。

然而，这种“解决”的办法并不能使爱因斯坦感到丝毫的满意。他写道：“要我在这个原则性任务上放弃那么多，我是感到沉重的。除非一切为求满意的理解所作的努力都被证明是徒劳无益时，我才会下那种决心。”[2]事实上，爱因斯坦从来没有准备下这样的决心，相反，他总是抱定了另一种信念，他总是坚持着宇宙必定有可以为人理解的普遍有效性，他总是怀着“赞赏和敬仰的感情，但这种感情的对象不是人，而是我们出生于其中的自然界的神秘和谐。”[3]在这种情感支配下的爱因斯坦，怎么能容忍一个和谐的自然竟没有一种自洽而统一的动力学呢？

几十年来观测宇宙学的发展证明爱因斯坦的情感和信念是正确的。大宇宙的确存在着和谐和统一。河外天体的普遍红移，微波背景辐射的高度

各向同性等等，都表明我们的宇宙是一个统一的整体，应当而且必须从一个系统的角度来研究它的整体性质。不过，这是后话了。在爱因斯坦倡导这种观念并发展宇宙学的时候，天文学还没有完全分清河内及河外两种星云，更谈不上有哪些观测结果。当然，迫使他努力去探求一个合理的宇宙模型的沉重感，相当一部分是来自他的哲学信念。

历史上第一个理论上自洽的动力学宇宙模型，就是根据广义相对论建立的有名的静态有限无边模型。在这个模型中爱因斯坦放弃了传统的宇宙空间的三维欧几里得几何的无限性，主张宇宙就其空间广延来说是一个闭合的连续区。这个连续区的体积是有限的，但它是一个弯曲的封闭体，因而是没有边界的。就好像一个球体的表面，虽然面积是有限的，但是沿着球面运动却总也遇不到边。天体则均匀地分布在弯曲的封闭体中。这样的模型克服了上述牛顿理论及无限空间两者中的内在矛盾。现在通称它为爱因斯坦模型。

最大的错事

实际上，1917 年的爱因斯坦宇宙模型，并不是 1916 年的爱因斯坦引力场方程的解。根据场方程得不到静态的有限无边解。其物理原因也很简单，因为广义相对论与牛顿理论相似，其中只有引力。所以，当一个体系没有内在的斥力因素的时候，引力得不到斥力的平衡，无论如何是不可能有静态解的。

为了使静态有限无边的宇宙模型能符合动力学方程，爱因斯坦特地修改了他 1916 年的方程，引进一个具有斥力性质的因子，叫做宇宙学项。

爱因斯坦之所以决定引进宇宙学项，完全是因为他相信，宇宙间的物质从大尺度来看，必定是静态的。

然而，事实的发展恰恰相反。弗里德曼[A. Friedman]和勒梅特[G. Lemaitre]分别在 1922 年及 1927 年独立地求出了爱因斯坦 1928 年场方程的一种解，这种解不是静态的，而是均匀膨胀或均匀收缩的。并且指出，爱因斯坦的解是不稳定的，小的扰动就会破坏它的静态性质，使它过渡到膨胀运动状态或者收缩运动状态，这些是理论方面的进展。到 1929 年，观测方面也有很大突破，那时不仅发现了河外星系存在着普遍红移，而且总结出一条规律，星系距离越大，红移量也越大，两者之间大体存在着线性关系，即所谓哈勃关系。如果采用多普勒效应解释红移现象，那么，红移现象意味着星系在做相互分离的运动。哈勃关系表明，距离越大，分离速度也越大，这就是说，我们的宇宙即使从大尺度来看，也并不是静态的，而是膨胀运动着！

宇宙膨胀观念深深地改变了传统的静态观。长期以来，天文学中有这样一种潜在的成见：虽然地球、太阳、银河等具体天体都在运动着，但是，在一个更大的尺度上来看，天体应是准静态的。这种大尺度的静态观有它的认识论上的根源，因为，人们肉眼常见的恒星天体在形态上的变化是极小的。在认识尚还粗浅的古代，由此产生天体的静态观是很自然的。到了近代，虽然已经证实了一个个小尺度天体系统在运动，在变化；但是大尺度的静态观仍然被不自觉地因袭着。爱因斯坦也没有摆脱这种传统的观念，尽管根据他 1916 年的引力场方程得到的宇宙解必定是运动的，而且其中恰恰就有宇宙膨胀解，但是，他囿于传统，宁肯引进宇宙学项，抛弃

了动态解。

红移现象的观测结果出现之后，爱因斯坦发现自己错了，他曾经万分感慨地说过：引进宇宙学项是他“一生中最大的错事”[4]。因为，爱因斯坦是以不轻信任何先验自明的概念著称的，竟没有注意到静态观也是个先验的东西。

这决不是先验自明的

是的，一切没有充分科学根据的传统观念，都不是先验而自明的。

爱因斯坦所发展的相对论宇宙学，曾经受到过一种非难：既然在爱因斯坦的相对论宇宙学模型中允许体积有限的模型存在，这不就是要从科学的无限宇宙论退回到中世纪的宗教的有限宇宙论去吗？这种诘责似是而非，是不正确的。什么是近代自然科学与中世纪宗教的根本区别？按照上述观点，似乎宇宙体积的有限抑或无限是科学与宗教的区别的根本所在。这就不对了！科学与宗教的根本区别在于前者是依靠观察和实验来认识自然，后者则屈从于神权。反对蒙昧，反对迷信，才是近代科学的革命精神的真谛。

在每个近代自然科学先驱的身上，我们都可以看到这种精神的光芒。哥白尼主张地动说，并不是用一种新信仰来代替旧信仰，而是通过天象的观测，尤其是行星的观测来建立自己的理论。伽利略并不是以引证哥白尼的经典来证明地动说，而是用他自己制造的天文望远镜所看到的新事实来提供新的论据。正如他自己所说的，他是要从物理学上证明地动，而不像神学那样凭借于信仰。

的确，信仰不能代替科学，习惯不能作为论据。我们的宇宙的体积是无限或有限这个问题，既不是白痴的问题，也不是能用信仰、习惯、传统围起来的禁地。解决这个问题只有科学。各种相对论宇宙模型的建立，已经启发喜欢认真思考的人们：过去习以为常的空间的欧几里得无限性并不是先验自明的哲理。这种认识比起那种体积无限性作为无须加以科学检验的绝对真理的态度来，哪一种才是真正继承着科学的革命精神、哪一种才是从科学回到神学的反动，不是十分清楚了吗？

任何自然科学的理论都必须经受观察和实验的检验，在这一点上任何理论都是一律平等的。宇宙空间的欧几里得几何的无限性同样也没有可以免受科学实践检验的特权，无论是传统、偏爱、或者盲目的信仰，都是无助于解决科学中是非的。我们还是来看看爱因斯坦在处理这些问题上的态度吧！

前面已经说过，红移发现之后，爱因斯坦毅然承认了他自己的错误观念，并抛弃了他所引入的宇宙学项。

40 年代中，关于哈勃常数的观测还很不准确，当时根据哈勃常数所得到的宇宙膨胀年龄只有十亿年。这太短了。因为根据放射性同位素测得的天体演化时间，就远远超过十亿年。面对这种情况，虽然宇宙膨胀模型是爱因斯坦引力场方程的一个漂亮的解，但是爱因斯坦仍然坚决地写道，“如果发觉这里所提出的宇宙学的理论同任何这样的结果有矛盾，它就要被推翻，在这种情况下，我看不出有合理的解决办法。”[5] 他就是持这样一种服从实践检验的态度！

膨胀宇宙解中的奇点，常常是批评这种宇宙学的一种根据。对这一点，

爱因斯坦曾说过："人们不可假定这些方程对于很高的场密度和物质密度仍然是有效的，也不可下结论说'膨胀的起始'就必定意味着数学上的奇点。总之，我们必须明白，这些方程不可扩展到这样的一些区域中去。"[6]就是说爱因斯坦对自己理论的局限性，采取的是一种实事求是的态度。

任何一个想在科学的大海边拾到一两个贝壳的人们，从这几个事例中，不是都看到了探究科学的人应当有怎样的质量和性格吗？

爱因斯坦在宇宙学方面的研究，不仅是第一个把动力学模型方法用于宇宙学研究，也不仅是第一个以宇宙学原理、弯曲时空等等新概念开拓整整一个新领域，而且是真正继承了由哥白尼等开创的科学宇宙学的探索精神。他曾说过，"科学研究能破除迷信，因为它鼓励人们根据因果关系来思考和观察事物"，他自己也正实践了这种反对宗教神学的精神。因此，无论从哪一方面来进行评价，爱因斯坦的工作确实是在宇宙学中写下了光辉的一笔。

参考文献

[1] Kahn C V, Kahn F. *Nature*, 1975, 257:451

[2] 爱因斯坦. 根据广义相对论对宇宙学所作的考查.(1917)//爱因斯坦文集:第二卷.

[3] 爱因斯坦. 约翰内斯·开普勒.(1930)//爱因斯坦文集:第一卷.

[4] G. Gamow. My World Line. 1970

[5] 爱因斯坦. 关于宇宙学问题的评注.（1945）//爱因斯坦文集:第一卷.

[6] 爱因斯坦. 关于科学的真理.（1929）//爱因斯坦文集:第一卷.

编者注释

[1] 本卷中方括号内的外文为作者所括。

（原载《自然杂志》1979 年第 3 期）

(返回目录)

《从牛顿定律到爱因斯坦相对论》前言

现在，越来越多的历史事实证明，人类文明之所以有今天，是同一些杰出物理学家的工作分不开的。其中尤其以创建了经典力学的伽利略、牛顿及创建了狭义和广义相对论的爱因斯坦最具有代表性。

当我们回顾这几位划时代的科学家的时候，就会发现，虽然他们生活在极为不同的时代，从经典力学到现代物理学也已经发生了巨大变化，但是，在这些人身上，我们却可以看到许多共同的特征。

首先，他们都是不受成见或传统思想所束缚的探索者。他们的科学研究工作，往往是从那些被认为早有定论、不容怀疑的地方打开缺口的。他们研究的问题，就是我们今天看来，也会觉得是“太”基本了，“太”抽象了。比如，什么是时间？什么是空间？什么是相对？什么是绝对？什么是天体运动的规律？什么是宇宙的起源？等等。这些问题对于人们日常关心的现实世界来说，似乎是另一个世界的事。然而，事实证明，由于在这些“学院式”问题上的进展所带来的技术进步，是不能用任何其他东西代替得了的。



图 1 从牛顿定律到爱因斯坦相对论[1]

其次，他们都坚持自然科学的研究方法。尽管他们关心的是抽象的问题，但是他们并不进行思辨式的空谈。相反，他们是采用理论和物理实验或天文观测相对比的方法来考查每一个概念、每一种假说，由此来判断理论的是非成败。

再次，他们大都不仅仅是狭义的自然科学家，而且是具有崇高胸怀的人。例如，爱因斯坦就是一位崇尚理性、崇尚科学和民主的代表。他曾经说过："人只有献身于社会，才能找到那实际上是短暂而有风险的生命的意义。"

他还愤慨于那种慑于强权而惧谈科学精神的态度，他说："试问，要是乔尔丹诺•布鲁诺、斯宾诺莎、伏尔泰和洪保德也都这样想，这样行事，我们会在哪里呢？"

正因此，他们和他们的理论往往不见容于当时的统治者。伽利略遭到宗教法庭的迫害，爱因斯坦遭到德国法西斯的迫害。可笑的是，甚至在 70 年代，不学无术的"四人帮"大搞法西斯文化专制主义时期，相对论还在中国遭到了围剿！尽管这些历史，都已像恶梦一样地过去了，但是，今天回顾一下，不仅对了解物理学的进展是有益的，甚至是必需的。因为，如果我们只了解学术的细节，而不掌握科学的精神和科学之成为真正科学的灵魂，那我们就不可能真正把科学移植过来，让她生根、开花、结果。

这本小册子的目的，是打算介绍从牛顿定律到爱因斯坦相对论的一些主要发展线索。由于篇幅有限，加之不用（或仅少量用）数学工具，所

以，我们仅仅想把最基本的思想和概念交待清楚。也许这也是主观的愿望，实际上并没有达到，或没有完全达到。很希望读者批评指正。

这本小册子是去年秋天在丛书编委会建议下才开始筹划的。后来，我和褚耀泉同志陆续写出了一个初稿。现在，趁我在意大利讲学期间，又抽出一些时间从头重新改写了一遍。这几天，我住在林琴科学院，窗外一眼看到的就是印在伽利略《对话》一书上的那个林琴科学院的院徽。虽然，这个世界上最老的科学院的徽记已经十分陈旧了，可是，每当写到伽利略的时候，它都不能不使你肃然起敬。明天就是 1979 年 3 月 14 日，即爱因斯坦诞生整整 100 周年的日子，今天终于赶完了全书，谨以此作为对伽利略和爱因斯坦这两位永远值得人们景仰的科学巨子的纪念吧！

1979 年 3 月 13 日于罗马

（原载《从牛顿定律到爱因斯坦相对论》(方励之、褚耀泉著), 科学出版社, 1981 年第 1 版。）

编者注释

[1] 图 1 为编者所加

(返回目录)

天文学研究方法的特点

现代天文学和物理学是一起诞生、一起发展的，所以，这两门学科的研究方法有很多共同的地方。模型方法、理想化方法、元过程方法等等典型的物理学方法，在天文学上同样有广泛的应用。

但是，天文学也有许多物理学所没有的特点。这些特点决定了天文学在研究方法上遇到的问题并不完全同物理学一样。

就研究方法来看，天文学有哪些应当注意的特点呢？概括起来，有以下几个方面。

1. 天文学只能对天体现象进行观测，不能像在物理实验室中那样，可控制的实验。就这一点说，天文学是一门观测科学而不是实验科学。近十多年来，空间技术的发展已使人们可以在太阳系范围内做一些实验。正因为如此，这个领域已开始不属于天文学，而形成一门新的独立学科——空间物理学。可见，天文学依旧是观测科学。

2. 天体现象的尺度与地面上的问题有很大不同。目前，天文观测涉及 100 亿光年的空间范围和 100 亿年的时间尺度：类星体的亮度达到 10^{47} 尔格 / 秒；宇宙线中高能粒子的能量达到 10^{21-22} 电子伏；星系质量高达 10^{11} 个太阳质量。其他物理量，像密度、磁场、温度、压力等等也都远远超过地面条件可能达到的数值。

3. 起源和演化，是天文学中的重要问题，如元素的起源、恒星的演化、星系的形成以及宇宙的演化等等，这类问题在物理学中是没有的。从研究方法上说，它们或许更接近人类的起源、生物的进化等问题。

4. 有些天体样本只有一个，像太阳系就是目前观测到的唯一的恒星-行星系统。宇宙学研究的对象总是观测所及整个天区，所以，这个对象也总是唯一的。这就给太阳系演化的研究、宇宙演化的研究带来了新问题。

恩格斯曾经说过：自然界中的普遍性的形式就是规律。研究天体的方法，都与自然规律具有普遍性这一观点离不开。假如几何学的规律只在量尺可及的范围中成立，而没有适用于天体范围的普遍性，那么，望远镜也只能提供一些照相底板或观测曲线，从中并不能告诉我们哪怕是天体距离这种最起码的知识。

天文学的每一次重要进展几乎都伴随着研究方法上的重要进展，而每一次这种进展又往往是与对自然规律普遍性认识的深入联系在一起的。

古希腊亚里士多德认为月球以下的东西都是由水、土、气、火四种要素构成的；月亮以上的天，则由完全不同的“以太”构成。也就是说，天体在本性上完全不同于地面事物。按照这种观点，只要我们生活在地面，在原则上就不可能对天体本性有任何认识。亚里士多德得到这样的结论是有他的观测依据的。因为，天上和地下的物体运动形态有很大的差别，前者是不停的圆运动，后者只是短时间的上升和下降，而且没有发现两种运动方式之间可以相互转化。所以，产生两种形态运动的物质具有不同本性的观念，是不奇怪的。

第一个打破这种错误观念的是牛顿的万有引力理论。这个理论认为两类物体的运动方式虽然不同，但却遵循着相同的力学运动规律。现在谁都知道，两种运动方式是可以转化的，只要火箭速度足够高，就可以把地面物体发射为天体，使它做不停的圆运动。可是，在 300 多年前，却没有看

到过两种运动的联系和转化，又有亚里士多德正统观念的束缚，在这种情况下，提出并发现两类运动的共同规律，无论在观点上或方法上的确都是一次革命性的飞跃。

在牛顿的引力理论中有这样一条公式：

$$4\pi^3 l^3 T^{-2}=R^2 g$$

其中，l 是月亮到地球的距离，T 是月亮绕地球一周的时间，R 是地球的半径，g 是地球上的引力加速度。这是第一条把天体和地球的一些性质联系在一起的公式，它在规律的普遍性这一点上给人以深刻的启示。牛顿曾利用这条公式计算月地距离，最初的结果与实测值偏离较大，牛顿没有发表他的工作。六年之后，天文学重新测定了一些数据，发现以前的观测值不对。牛顿用新数据再进行计算，理论与观测完全符合。

这个成就，开创了天体力学，并把天体运动的研究从运动学阶段推进到动力学阶段。它证明了，天上物体和地面物体服从相同的动力学规律，万有引力之所以称作“万有”，其原因就在于此。

利用在局部的有限的实验中发现的自然规律，去研究这些实验范围以外的天体现象，成了天文学中一种卓有成效的研究方法。光谱分析是又一个著名的事例。光谱分析的基本根据是在天体环境中的原子、分子的发射和吸收规律与地面情况是一样的。因此，对比天体光谱与地面物体的光谱，就可以推知天体的化学组成、温度、压力、磁场、运动方式和运动速度等等。对天体运用光谱分析方法，开创了天体物理学。

1874 年，在日食时的太阳色球光谱中发现，在钠的谱线旁边有一条陌生的线。当时物理实验室里从来没有看到过，不知道它是由什么元素发

射的，只好认为它是太阳上独有的一种元素，取名叫氦（原义就是太阳的元素）。30 年后，在地球上也找到了氦，证明它不是太阳所特有的东西。1880 年，在行星状星云光谱中也发现一条地面上不曾见过的谱线，最初也认为是一种星云上所特有的元素，取名叫氫[编 1]。后来弄清楚所谓氫就是氧的离子，而不是什么新元素。这两件事不仅说明光谱方法的巨大效用，而且进一步显示了规律的普遍性的力量。

我们说天和地遵循着同样的运动规律，完全不等于说天和地没有差别。与亚里士多德两个世界的观念正好相反，还有另一种错误的成见，即不承认天和地之间的任何差别。汉代王充就是这种错误观点的一个代表。王充反对天体可以是球形的，理由是："在地水火不圆，在天何故独圆？"意思是，地面上水火等物质的形态都不具有圆形，那么，由水火构成的天体，怎么可能是圆的呢？他的逻辑是：地上没有的，天上也不应该有。这种推论是不对的。事实上，由于天体质量很大，自引力很强，因之，稳定天体大多是球形的。地面的物体质量很小，自引力很小，一般才有"不圆"。

王充式的错误观点与亚里士多德的错误观点尽管在表现形式上完全不同，但两者在本质上却是一致的，实质上都是不承认规律的普遍性的结果。1932 年发现了中子，随后不久出现了中子星假说，认为存在一种质量与太阳差不多而直径仅有几十公里的致密星体。这个预言完全以受过检验的物理规律为依据。然而，对于熟悉地面环境的人来说，它的性质太奇特了，所以，这个预言一直没有得到认真对待,被认为是一种游戏，一种幻想。1967 年天文观测在无意中发现了脉冲星，随后被证实是一种中子星，才使许多人意识到，用地面环境中有没有来判断天体上有没有，是不

正确的。

在中子星发现之前，根据已知的物理规律预言一些远不同于地面现象的“奇异”天象，是很少有人去做的，不被承认是正统方法，就像 30 年代以前，人们不愿意预言存在什么新粒子一样。现在的气氛则完全不同了。天体物理开始大量引用理论物理进行分析，做出预言。另一方面，理论物理也很喜欢讨论一下各种新理论的天体物理含义，或者用天体上或宇宙间特有的物理条件检验新理论。这种局面的出现，标志着天文学又进入了一个新阶段，它给天体物理学增添了新的生机。等离子体天体物理学、高能天体物理学、相对论天体物理学等新分支的迅速形成和发展，是有它们方法论上的原因的。

中子星的被证实这件事说明，自然规律不仅能给出天和地相同的方面，而且也能给出它们不同的方面。对相同方面的认识越多越深入，对差异方面的认识必定也越多越深入。片面地强调差异是不对的，片面地强调同一也是不对的。正确的研究方法应当正确地反映这两方面的矛盾统一。

规律的普遍性不是绝对的，任何一条自然规律总有一定的适用范围。牛顿的引力理论在宇宙学尺度的问题上就会遇到困难，所谓引力佯谬就是这种困难的一种表现。在讨论宇宙学问题时，应当用更有效的适用于大尺度问题的引力理论。广义相对论就是这样一种新理论，它能够无佯谬地处理牛顿理论所不能处理的大尺度问题以及强引力场问题。广义相对论的基本观点与牛顿理论很不相同，它抛弃了牛顿理论中脱离物质的时空框架，认为时空本身的性质也要服从动力学规律。尽管这种差别是本质的，但在弱场或局部时空范围中，广义相对论与牛顿理论是等效的。爱因斯坦在建

立他的场方程时，把这种等效性作为最重要的出发点之一。在发展其他引力理论时，也都不能违背这种等效性。就这一点说，在寻找新的适用范围更大的理论中，已知的局部范围的自然规律在一定程度上仍旧有决定性的作用。这也可以说是规律普遍性的一种含义。

以上讨论的方法，不论是直接把局部规律外推用于天体，或是以局部规律为依据去寻找更大尺度上的规律，其中都暗含着一个假定：我们可以离开全局来探索局部的规律，也即是说，可以把局部范围从全局中孤立出来加以研究。这个基本假定，是所谓元过程方法的依据。牛顿首先系统地使用元过程方法，他把一个大的过程看作是一些微分过程的积分。因此，只要把微分过程的规律找到，整个运动在原则上就是一个数学积分问题了。采取这种分析方法就看到，一个过程的复杂性往往不是由于它所遵从的物理规律的复杂性造成的，而是由复杂的积分引起的。在整个物理学发展中，元过程方法起了极大的作用，所有物理规律都用微分方程来表述，正是采用这种方法的表现。

然而，元过程方法是否适用于所有问题？有一些问题是否在原则上不能用元过程方法来研究？目前有些在局部范围中无法进一步说明的东西（像一些基本的物理常数或参数的数值），是否决定于我们所在的宇宙的整体性质？一些初步的结果已经预示，有的局部性质（如时空、真空态）中，包含着大尺度的信息。对于它们，局部规律的独立性的假定是不适用的，这是当前天体物理研究中提出的一个新问题。

天体演化涉及的时间尺度很大，要以几亿年、几十亿年上百亿年来计算。我们采取什么方法进行这种研究呢？显然，要想直接观测这样长的时

间是不现实的。必须想办法把时间“变成”某种可观测的物理量，间接地研究天体随时间的变化。

先以恒星演化为例来说明这个问题。近 30 年来，恒星演化理论有很大进展。可以说，我们现在已经了解了恒星演化的一些主要阶段。这是 20 世纪天文学上最重大的成果之一。它同恒星统计[1]所提供的许多有演化意义的统计结果密切有关。恒星统计的一项重要内容就是进行形态分类。天上的星很多，有多种形态。这是因为恒星所处的演化阶段不同，形态也不相同。这样，虽然我们不能在短时间里看到恒星演化的整个过程，但从分析形态入手，就可以推测它们的演化方式。这相当于把时间“变成”了形态。

20 世纪初，丹麦天文学家赫兹普隆和美国天文学家罗素先后以恒星的绝对星等及光谱型为标准进行形态分类。他们以绝对星等和光谱型分别为纵横坐标，分析恒星在这种图上的分布。这种图后来称为赫罗图。他们发现，在赫罗图上，大多数恒星都集中分布在一条带上，这类星叫主序星。还有少量星绝对星等虽大，但颜色却是红的，称为红巨星。后人进一步发现，不同星团的赫罗图很不一样，有的几乎全由主序星构成，有的含少量红巨星，有的则红巨星更多。

星团赫罗图的不同就是恒星演化的反映。处在不同演化阶段的恒星在赫罗图上具有不同的位置，因此，不同年龄的星团就有不同形状的赫罗图。这样，恒星演化理论必须能定量地说明各种形态的赫罗图，这一点是对理论的一种最重要的检验。赫罗图在发展恒星演化理论中起着关键作用，因为，找到一种检验理论的有效方法，它的作用就相当于找到一种发展理论

的有效方法。

在研究宇宙学问题时，常用空间来“换取”时间。星光的速度是有限的，所以，只要我们看得越远，相应的时间就越早。用这种方法可以对一些宇宙演化的预言进行检验。

稳恒态宇宙模型认为，宇宙的过去同现在是一样的，没有变化。按照这种观点，早期的星体的分布密度与现在的相同。这样，只要比较一下遥远天区与邻近天区中星体的分布密度，就可以判断宇宙是不是稳恒的，这种检验方法称为计数。射电天文学兴起之后，开始对射电源进行计数。结果发现，射电源的分布密度随着空间有明显变化，它反映着射电源密度随时间的明显变化。这样，计数方法就从观测上直接证明了我们的宇宙是有演化的，稳恒模型是不符合实际情况的。

还有一种可以作为时间指示器的量，就是元素的丰度。各种化学元素，更确切些说各种核素都有自己的起源和演化，随着时间的推移，各种核素的丰度将会发生变化。这就是利用元素丰度研究演化的根据。

元素丰度方法在各种尺度的天体上都有自己的应用。对于地球、月亮、陨石等可以直接取样的天体，这种方法即是同位素年代学的基本方法。

对于恒星，按照它们的金属含量，大体可以分成两个星族。星族Ⅰ的金属含量较高，星族Ⅱ的含量较低。金属元素是恒星内部聚变的产物。所以，金属含量低的星族Ⅱ应是第一代恒星，它由原始气云中的氢和氦组成，故金属元素很少。星族Ⅰ则至少是第二代星，它由第一代星衰亡时所产生的气云组成，因而其中有较大的金属元素丰度。

星系化学是目前正活跃的课题。它是企图通过元素的丰度来考察星系

的演化。已经发现氘在星系盘中的分布是非均匀的。如果原始星系中的丰度是均匀的，则丰度的非均匀分布一定是某种演化过程的结果，就如同在太阳系中类地行星与类木行星之间元素丰度的明显不同是太阳系演化的一种反映一样。

氢与氦的质量之比，对许多天体都在三比一左右，这是热大爆炸宇宙模型的重要依据。这也是利用元素丰度研究演化的一个很有名的例子。

总之，凡是找到一种可以标志时间的方法，就可以进行一种相应的演化研究。有一类类星体及射电星系具有双射电子源结构，又有迹象表明这两个子源在做分离运动，所以子源之间的距离就有时间的含义。平均地说，子源距离小的对应于早期，子源距离大的对应于晚期。根据这一指标就可以研究类星体及射电源在有双子源阶段的演化。

当物理学研究某种运动的时候，往往要分析许多样本。对这些样本进行对比、鉴别可以从中区分哪些是一般的性质，哪些是个别的特征。比如，地面附近的落体运动，可以有许多种不同形式的轨道。其实，轨道形状的差异是由初始运动条件的不同而引起的，不同的运动却有一种共同的特征，即匀加速度，加速度等于 g。这种共性就是落体运动更本质的性质。

然而，天文学中并不总有多个样本，有的问题中样本只有一个。这种情况，带来了一系列新问题。对于一个样本，怎么区分哪些是共性、哪些是个性？哪些是一般性质、哪些是个别特征？现象与本质、必然和偶然这些范畴如何使用呢？

解决问题的途径之一是利用统计方法，如果用某种模型来解释某个唯一的样本，那么，可以先设想是许多类似的体系，然后按这种模型研究它

们的各种可能的发展方式。则几率最大的那种方式应当同这唯一的样本符合，能做到这一点的模型，就是比较合理的。反之，如果依靠一些极稀有的运动方式来解释这唯一的样本，就不能认为是足够合理的。关于太阳系起源的某些灾变说，就是建立在某种极其偶然的事件上。因此，它的合理性往往就要受到怀疑。

在宇宙学中常常用某种平衡态作为初始条件，也就是因为相对说来，这种条件比较普遍。在缺乏比较的情况下，用这种方法讨论一个对象的发展，研究它的规律性，是一种比较合理的试探。

以上讨论的方法都基于这样的假定，即我们观测到的过程应当是（或最可能是）自然界中最容易发生的过程，而不是稀有的过程。但是，对于天文观测来说，这个假定并不总是正确的。由于我们只能在地球附近进行观测，只能观测天体的辐射，在这些限制下，观测结果可能并不是那些自然界中最容易发生的现象，而是那些最容易被观测到的现象。这叫做天文观测中的选择效应。比如，望远镜都有一定的灵敏度，辐射比较强的天体容易被观测到，辐射比较弱的天体不容易被观测到。因此，观测结果中亮源与暗源之比，一定与天上的实际情况有很大的差别。

消除各种选择效应的影响，是处理天文观测结果的重要环节。只有正确地清除了选择效应，才能使观测结果更客观，更反映实际的情况，像大气消光修正，就是消除大气对星光的吸收所造成的影响，银河吸收修正就是消除银河物质对于河外天体光线的吸收所带来的影响。

随着观测技术的改进，有许多选择效应是可以避免的。目前已经开始的大气外观测就避免了大气吸收引起的问题。是不是所有的选择效应原则

上都能由观测技术的改进而被避免呢？不一定。对于天文学，尤其对于宇宙学问题来说，最重要的一种选择效应也许就是观测总要由人来进行。人的存在是进行观测的必要条件。因而，我们观测到的宇宙，只能是人类的宇宙。这是一种原则上不可避免的选择。

在经典物理中，在原则上可以消除观测仪器对被测物体的影响，因而被测物体的运动状态是与观测方式无关的。在量子物理中，在原则上已经不能清除观测手段对于被测体系的影响，因而，被测体系在实验中的表现是与观测仪器的存在这一事实分不开的。在宇宙学中，在原则上不能消除观测者对被观测的宇宙的选择，被观测到的宇宙是与作为观测者的我们的存在这一事实紧密相关的。或者说，在宇宙学中，我们最容易观测到的事实也许不一定是那种最容易出现的宇宙环境。这在我们建立宇宙理论时，是必须加以考虑的。

作者注释

[1] 天体物理的观测常有以下的特点：1. 对每个对象的可观测量不多，测量误差也比较大；2. 可观测的对象十分多。因此，从这种粗而多的数据中发现有价值的结论的一种有效方法，就是进行统计。天文学中许多重要结果，都是用统计方法得到的。

编者注释

[1] 这是天文学家造的一个字，当时方励之念云音，这个元素后来证实是氧原子丢掉两个电子后的离子。——程福臻注

（根据 1978 年 2 月 27 日一次座谈会上的发言整理，原载《自然辩证法通讯》1979 年第 2 期）

(返回目录)

《相对论天体物理的基本概念》前言

今年是爱因斯坦诞生一百周年，写这本小书，就是作为我们共同的纪念。

爱因斯坦不仅仅是一位伟大的物理学家，而且是人类的良知，他不仅相信科学能揭示出世界的和谐，而且相信科学有助于形成一个和谐的世界。

的确，在科学的发展中，凝聚着不同时代，不同民族的智者的心血。科学是没有国界的，科学从来也不冷遇任何人，对任何想求助于科学的人，它总是敞开着大门。

由爱因斯坦奠基的相对论天体物理学，或许是最能体现爱因斯坦的上述信念的领域之一，只要看一下下面的一些历史事实，就清楚了：

中国古代天文学家关于公元 1054 年超新星的忠实而详尽的记录；

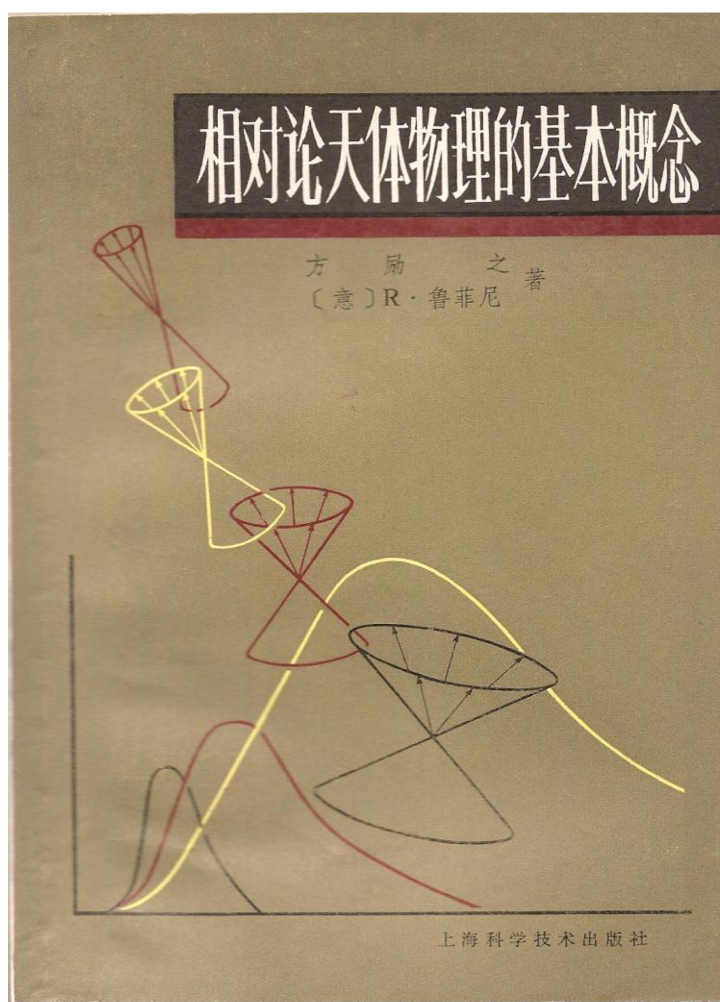


图 1 相对论天体物理的基本概念[1]

20 年代意大利物理学家费密等建立的简并态量子统计理论；

30 年代关于中子星理论的发展；

20 年代到 50 年代关于蟹状星云的观测研究；

60 年代射电脉冲星的发现。

在这一系列最终导致中子星发现的科学进展中，古代与现代的文明之间，东方与西方的科学之间居然达到了那样紧密而协调的程度，在科学史上是罕见的。

这本书本身，也是东方与西方交流的产物．去年五月，作者之一的 R・鲁菲尼应邀访问中国，当我们初次同登万里长城的时候，逐渐发现我们之间竟有四项十分相近而又完全独立的工作。我们分别用不同的方法得到的中子星临界质量，一为 $3.2M_{\odot}$（ $M_{\odot}$为太阳质量， 是天文学中的质量单位，编者注），一为 $3.18M_{\odot}$ ，当时，R・鲁菲尼即提议合写本书来表述东西方之间的文化对应的这又一个小小的事例。随后，在去苏州、杭州、广州的旅途中讨论了书的提纲，今年三四月间，作者之一（方）应意大利林琴科学院之邀去罗马讲学。我们在罗马大学伽利略雕象旁的办公室里开始动手，并在同游比萨斜塔、古城佛罗伦萨、马可波罗的故乡威尼斯的旅途中，完成了初稿。

如果这本小册子，能在东方和西方这两种独立发展而又有密切交流的文化之间，再增添一点点新的联系，那我们的愿望就达到了。

在整理中文稿过程中，承褚耀泉同志协助，谨致谢意！

方励之

R・鲁菲尼

1979 年 9 月

编者注释

[1] 图 1 为编者所加

(返回目录)

一顶帽子、一块禁地、一个问题

今年我两次访问了意大利，到十个城市中的十多个天体物理研究单位去作客。回来以后，一些同行问起意大利的天体物理研究情况，特别是，希望知道看到了哪些差距，可以作为我们自己工作的参考和借鉴。

物的方面的差距容易看到，也容易被承认。那是从文献研究中也可以知道的。而另一方面的差距，支配他们研究工作的思想因素、传统因素，并不那么一目了然，它的作用也不容易被承认。谈差距，不涉及这一方面，至少是不够全面的。

就天体物理来说，意大利是值得称道的，就因为她有历史。哥白尼曾经在这里求学、伽利略曾经在这里任教、布鲁诺曾经在这里被焚烧……。可以说，冲破中世纪宗教锁链，使科学真正成其为科学的这一场斗争风暴，主要是发生在意大利，意大利的科学家，至今还很珍惜这一段历史。在帕多瓦的校史馆里保留着伽利略用过的讲台；在佛罗伦萨的科学史研究所里，陈放着几块人的手指骨，那是宗教裁判所迫害自然科学家的罪证。当年，摆在坚持真理的人们面前的是割断手指、终身监禁、火刑……。

如今，这种场面已经成为过去的事了。但是，那一段历史给意大利的科学，甚至给近代科学留下了不能用物来代替的精神因素：思想上的自由是科学的朋友；而任何神灵、准神灵及他们的各种代言人，都是科学的死敌。

这种传统的精神，在许多意大利科学家的身上是清晰可感的。它是使意大利科学家保持着较高的研究水平的因素之一。我们不能不承认在这一

点上的差别。如果只着眼于具体的科研成果，而不了解这些成果是在怎样的环境气氛下、在怎样的精神支配下、在怎样的哲学的启发下取得的，认识就是片面的。因为，前者与后者往往是分不开的。物质上的差距可以通过购买来弥补，但是传统、精神、哲学上的差别，是不能用购买来解决的，首先需要的似乎是虚心，即虚心的学习态度。

不过，在这里，我们会遇到一顶“帽子”，它叫“伟大的科学家，渺小的哲学家”。有一种“习惯”的“经典”观点：自从彭加勒、马赫之后，现代自然科学常常是由一些哲学上渺小的科学家推动的，或者最多是“不自觉地”运用了辩证法。总之，在这些人身上，具体的科学成果是可取的，至于传统的、精神的、哲学的方面则是不足道的。需要的不仅不是虚心，而是全面的批判。彭加勒、马赫之后的科学家，在传统、精神、哲学等方面究竟有没有值得去虚心地学习的东西呢？这个问题是一块禁地。

看来，在这块禁地上，现在也是该采取一点科学的而不是教条的态度的时候了。实际上，指导着或影响着科学研究的思想、观点、方法本身，就是一种哲学或一种科学的哲学。一个人在科学研究上取得了成果，怎么竟能用“渺小”来概括指导他进行研究的哲学思想呢？一般说来，“伟大与渺小”这顶帽子本身就是荒唐的东西。科学史已经证明了它的危害。就说马赫吧，有一种标准的“哲学”，从批判马赫的“渺小”的哲学开始，进而把“牛顿的绝对时间和绝对空间的观点”一词用“唯物主义观点”一词来替代，再进而认为牛顿的时空观是一种所谓“无害”，也就是“正确”的观点，杜绝了任何科学的批评和发展。这就是“伟大与渺小”论的一个标准的论证。这种“批判”哲学，对于物理学的发展究竟是起了促进作用，

还是阻碍作用？应当重新加以评价了。

一位意大利老人在闲谈时曾说，欧洲有些地方有一种不成文的标准，一座没有中国花卉的花园，是不算一座好花园的。这使听者深深地感叹：在科学这个国际性的大花园里，中国的花卉不是也应当有这样的地位吗？为了培育中国的科学花卉，不仅需要物，也需要精神、思想、热情和性格。这些即使不是决定性的，至少也是不可缺的。只要看一看三百多年前，在现代科学发展的初期就已经解决了的真理标准问题，直到今天，在我们这里竟然还没有完全解决，还要费很大力气讨论，这不正是在一定意义上表明，在科学这个领域中，在传统和精神因素上的差距，甚至比在物质上的差距还要大一些吗？

（原载《北京科技报》1979 年 10 月 19 日）

(返回目录)

到意大利做客

今年 6 月，中国科学院代表团一行 8 人，由周培源[1]副院长率领，到意大利去做客。在短短的两周里，代表团走访了 9 个城市，参观了 42 个研究机构，结识了上百位同行。随后，代表团又去意大利东北的的里雅斯特国际理论物理中心[2]，参加纪念爱因斯坦诞生 100 周年的国际学术会议[3]。

对于搞自然科学的人来说，意大利并不陌生。因为她有令人景仰的历史。世界上第一所大学，是 11 世纪建于意大利波伦亚的大学；世界上第一个科学院，是 1603 年建于罗马的林琴科学院；文艺复兴时代的巨子列昂纳德·达·芬奇、物理学奠基人伽利略都出在意大利；哥白尼也曾经在帕多瓦大学学习过 4 年……。可以说，冲破中世纪的宗教束缚，使科学重新兴起的一段光辉历史，主要是在意大利发生的。主人特意安排我们参观这场斗争留下来的古迹。在帕多瓦大学的校史馆里，保留着一间数百年前教授人体解剖的圆式演示室。在解剖台下有个很大的洞。主人告诉我们，当年洞的底部就是河道。原来，那时虽然威尼斯—帕多瓦一带受教廷的控制较弱，但解剖人体仍然是犯禁的事。所以，机智的科学家们就把解剖台造在小河道上，一旦有执法者来检查，就把整个解剖的人体向下一沉，由河道中早已准备好的小船迅速运走。

如今，这些场面早已成为过去的事了。但是，它给意大利的科学发展，甚至也给整个近代科学的发展留下了一种传统，这就是：科学要真正成其为科学，就必须摆脱宗教式的干涉和神学式的教条。

意大利的现代科学，就是在这种背景下发展的。这可能是意大利的科学一直保持较好水平的重要原因之一。尽管与欧洲其他大国相比，意大利的经济力量并不能算是很强的，然而，意大利的科学界却仍然出现过像费米、马可尼等有影响的科学家。在我们考察过的粒子物理、引力物理、天体物理、等离子体物理和受控热核反应、有机化学及地热学等领域中，都发现他们拥有一批精干的人才，也有一批潜在的后备力量。不过，由于种种原因所引起的人才外流，也是意大利科学界的一个问题。

在意大利，研究自然科学的单位有百余个，大都归国家研究委员会管辖。但是，这些研究机构大都分散在各地的大学里。这是因为，大学教师是科研的主要力量。反过来说，几乎每个科研人员都或多或少要在大学里承担一定的课程。米兰大学校长特别强调地告诉我们：不作科研的人，在大学是找不到职位的。所以，仅在米兰大学，各类研究班就有近百个之多。

意大利的大学教育是普及的，没有入学考试，注册一次即获学籍，因此学生人数很多。学生上课也是自由的，以致学校当局往往无法统计就学的确切人数。罗马大学的人数，一说是 15 万，一说是 18 万。入学虽易，但升级或毕业的考试却相当严，淘汰率很高。入学很多，毕业很少，他们就是采取这种办法从青年中选拔后备的人才。

意大利的科研机构，一般说，研究人员都不超过百人。我们参观过的最大的研究单位，是以研究核能应用为主的奇赛研究所，研究人员也不超过 1,000 名。意大利最有名的射电望远镜是波伦亚的十字天线，该站的常设人员只有 5 名。一次，我们去意大利最北端一个小镇帕兰察，它坐落在马奇奥里湖边，那里是典型的阿尔卑斯山区湖泊的景色，一个水生生物研

究所就在临湖的一座白色小楼里。一位年逾古稀的女学者来迎接我们。她主持这个研究所整整 40 年，现在退休了。她说，她办所的经验之一就是人员不能多，所以她的研究所一直保持在 20 多人的规模上。确实，不贪大求全，讲究实效，这似乎是意大利许多研究所的一种特征。

在科研设备方面，也可以看到这样的特点。由于经济力量的限制，他们不可能单独一国去做大型或超大型的设备。但中小型设备却十分齐全，并相当精良，计算机的普遍使用就是一种标志。所以，往往会发现，在一些不太大的设备上做着颇有独创之处的课题。至于那些本来就是在意大利有优越研究条件的课题，就更加先进一些。地热学就是一例。意大利的火山是有名的，它也是一个地热资源丰富的国家，地热能的开发和利用，是意大利人首先做的。在比萨附近的拉得累罗地热发电站，是世界上第一个地热电站。目前，唯一的一本国际性地热学期刊，也是意大利人办的。他们在地热学上的研究一直处于领先地位。

广泛的合作、经常的交流，是当前科学发展的必要条件。在意大利，无论走到哪一个研究所或者实验室，在布告栏上你首先会看到琳琅满目的学术交流通告，有会议，有专题讲座，也有工作讨论，而且，大部分都是国际性的。在任何一个研究所里，几乎都会遇到来自不同国籍的人，科学研究的国际化是处处可见的。意大利的朋友，有的直接、有的婉转向我们表示，非常希望中国的同行也能经常参加到国际学术交流的活动中来。

正因此，当我们代表团出席纪念爱因斯坦诞生 100 周年的学术会议时，引起了不小的反响。在开幕式上，的里雅斯特市长在大会上兴奋地说：中华人民共和国代表团出席会议，“是一件具有历史意义的事”。他希望“这

是的里雅斯特市和这个伟大的亚洲国家之间在文化、人文和经济等方面建立联系的开端。”周培源副院长的讲话和照片，第二天就以醒目的地位刊登在当地报纸上。

随后的 5 天，来自近 40 个国家的 300 多名科学家进行了紧张的学术交流。大会和分组会的报告近 90 篇，其中中国有 7 篇[4]。我们向国际学术界展示了我国在引力理论，相对论天体物理以及引力波观测方面的工作。这是我国物理学界第一次在国际物理学会议作这样多的报告，引起了很多人的兴趣和注目。意大利主人更是为他们请来的中国客人感到高兴。

东方和西方的文化交流，是由中意之间的交流开始的。意大利朋友最津津乐道中意之间源远流长的文化联系。在火山灰掩埋的庞培古城里，就发现有来自中国的丝绸的痕迹；700 年前意大利使者马可波罗，把中国的文化大量带回到欧洲……。这次，中国科学院和意大利国家研究委员会签订了学术交流的协议，开辟了新的联系渠道。我们深信，今后两国科学界之间的交流一定会不断得到发展。

（原载《光明日报》1979 年 11 月 2 日）

编者注释

[1] 周培源（1902 年 8 月 28 日～1993 年 11 月 24 日）著名流体力学家、理论物理学家、教育家和社会活动家。中国科学院院士，我国近代力学奠基人和理论物理奠基人之一。主要从事流体力学中的湍流理论和广义相对论中的引力论的研究。1979 年方毅任中国科学院院长，周培源任副院长。

1979 年 6 月，作为对林琴科学院的回访，周培源率中国科学院代表团访问意大利。成员八人，除团长外还有时任中国科学院理论物理研究所研究员

胡宁、副研究员郭汉英、高能物理研究所胡仁安、中国科学技术大学方励之教授、中山大学陈嘉言副教授、旅美华侨胡比乐、周培源女周玉玲。

[2] 国际理论物理中心(Abdus Salam ICTP)，隶属联合国教科文组织和国际原子能机构的国际科技组织。由巴基斯坦科学家萨拉姆（Abdus Salam，1979 年诺贝尔物理学奖获得者）创建于 1964 年，总部地址：意大利的的里雅斯特(Trieste)。国际理论物理中心的主要目的是帮助各国科学家、尤其是发展中国家的科学家了解物理和数学研究方面的最新成就和发展；为各国科学家提供一个交流与合作的场所；为访问学者，尤其是发展中国家学者开展科学研究提供方便，促进发展中国家的科学研究水平。1978 年中国首次有 1 人访问该中心，1979 年有 17 人访问该中心。除周培源 8 人外，还有黄昆（方励之在北京大学的物理老师）等 8 人在中心工作一个多月。在周培源访问中心时，由罗马大学教授鲁菲尼提议，双方达成协议，第三次格罗斯曼会议在上海召开。

[3] 第二次格罗斯曼会议暨纪念爱因斯坦诞生 100 周年的国际学术会议，由鲁菲尼、萨拉姆组织。周培源担任会议联席会议主席之一，负责主持宇宙学模型的报告会，陈嘉言任组织委员会顾问。

[4] 方励之的论文为:《宇宙学模型和类星体的统计分布》。郭汉英发了两篇论文，胡宁、陈嘉言、胡仁安、胡比乐各一篇。

（返回目录）

换汤不换药与换药不换汤[1]

（剑桥通信二则）

钱先生[2]：

来剑桥已经一周，生活上基本安定了，现在来汇报一下七天来的见闻和感受。

剑桥的确是名不虚传的学术城。和我看到过的其他欧洲城市比起来，它给人的印象是不同一般的。这里没有罗马那种无休止的政治辩论，没有巴黎那种令人眼花缭乱的繁华世界。莱蒙湖边洛桑虽然也像剑桥一样的清静，但那里似乎是一种适于养老的闲适气氛。剑桥则不同，使人感受最强的是一种学术至上的古风。

剑桥大学已有 700 多年的历史，英国人的保守性格，使许多中世纪时的校规一直保留到今天。这里的教师和学生都有两方面的生活。一方面是属于剑桥大学的，这与一般的大学相似。有系、有研究所、有考试、有听讲等等；另一方面的生活属于学院[college]。学院并不具体负责教学活动，而是管理师生的衣、食、住、行等等。剑桥共有 25 个学院。每个师生必须和某一个学院联系，否则就不算有正式的资历。我是属于皇家学院[King’s College]的。

学院的正式活动之一，是晚餐。皇家学院的餐厅[hall]可供 100 多人就餐。餐桌是不上漆的木制桌椅，没有坐垫。吃饭分等级，学院董事或学会会员（fellow）或相当等级的人坐在上席的桌子[high table]，其他学生

等在下首。在吃饭之前，上席的成员要集中，然后由院长带领进入饭厅，在椅子前站好，听院长的号令，才能一起就坐。这时，由服务人员上菜，上席一般有三道菜，而学生只有一道，极不相同。餐毕，要听院长的号令，才能一起离席。上席成员在吃饭时必须穿长袍式礼服[gown]。我是属于上席的，这种准军事化的吃饭方式，我似乎只在清理阶级队伍时经历过。所以，受过剑桥训练的人，如果有幸再当牛鬼蛇神而被管制，看来不会觉得太不舒服。

学院的草地仍然只有学院董事或学会会员可以走。有一些地方也只有学院董事或学会会员的汽车可以停，或可以通过。总之，这里的学生，无论吃饭或走路，都是不能太随便的，一切按学术等级规定，十分森严。如果触犯了学院规定，重者可能被取消资格，也就失去学习的机会。

剑桥之所以到今天还保持如此严的古典作风，而不受时尚的影响，原因之一可能是这里的确出过数不清的人材。就物理方面说，牛顿、麦克斯韦曾都在剑桥，可以说，四大力学中至少有两大力学出自剑桥。在这种传统的作用下，中世纪的“科班”训练方式至今不变。无论谁来，有钱的或没有钱的，只要当学生，晚餐只有一道菜，坐硬条凳，只能走学生才可以走的路，只能住学院分配的小房间。但在学术方面，则是任凭你尽量发挥自己的才能，提供非常好的学习条件。

就以书店来说吧，我整整逛了一天书店，还没有逛完。有关西方的书籍，我们自然是不可比的，就是有关东方的书，也不能不令人叹服。有一家书店有中国专架，关于中国历史的书，不仅有通史，而且有很细的专史。可以买到从新华字典到康熙字典的各种工具书，我这次来前买了一些国内

最近印的中国古代名画画册，准备作为礼物送人，可是我在这里发现有多种非常精致的中国名画册，以致我不知如何处理我带来的画册。还看到一本专门研究中国园林的大书，其中有关颐和园的资料，对于夏季每天都去颐和园游泳的我，还真是第一次见到。我到这里来并不是研究汉学的，但在中国书架前，我逗留了很久。因为，在国外看到中国的东西，心情是完全不同的，特别是看到本来是属于“国粹”的东西居然被别人在仔细地研究，更是别有一番滋味在心头。毁灭中华民族的文明的“文化大革命”，实在是遗臭万年的。

老的卡文迪许实验室除一部分教室还在用，其他部分将慢慢改为博物馆了。新的卡文迪许实验室已建到剑桥的西郊。这是因为剑桥老区已经变得有点热闹了，不如以前安静。我在等待签证那几天特别找来徐志摩写的《我所认识的康桥》一文看看，对比起来今天的剑桥已经与 50 年前徐志摩来时，不完全一样了。那时剑河之西是没有什么建筑的田园，今天已经成了新区。所以，尽管皇家学院周围仍然不准有建筑，保持着原样，但它已处在剑桥的中心。正因此，剑桥大学的重心正在西移，发展到剑桥的西区，除了卡文迪许实验室之外，天文研究所、地球物理研究所等也都在新区。我所在的天文研究所，周围都是牧场，从我的窗前望去，只有马、奶牛和松鼠。

我每天到新的卡文迪许实验室吃午饭。这个新建筑有三个实验楼及一个计算机房。三个楼分别命名为布拉格、卢瑟福及莫特，这也就是物理系。现在有六七个组，包括高能物理、固体物理、天体物理及生物物理几个方面。所以，教授也共有七八个，教学人员也就是研究人员。

同整个剑桥一样，卡文迪许实验室也十分重视传统。一进入布拉格楼，就会看到许多展品。包括汤姆逊的电子实验仪器，卢瑟福的散射实验仪器，以及发现第一颗脉冲星的仪器等。有一张古老的办公桌，上面写着，麦克斯韦-瑞利-汤姆逊-卢瑟福四任教授都用这张桌子办公，前后 70 年不换。墙上有历年卡文迪许实验室的全体工作人员合影。从 1898 年开始，每年一张。我看到只在 30 年代有几个中国人在这里工作或学习过，即霍炳权、李国鼎、张文裕及一位姓周的，名字我不知道。

现有四个实验室供一、二年级做实验用。一个是力学及热学，各有八组可同时进行，一个是初等的电学实验室，一个是高级电学实验室。两个电学实验室较大，分别可供 20 组及 50 组学生做实验。

力学实验室的仪器完全是古典的。仪器的木制部分是老式的木制家具那种颜色，但擦得很亮。比我们实验室中的东西显然要老，但保养得好。碰撞实验钢导轨的，没有气垫。热学也是最老式的量热器。电学实验室较新，示波器、数字表都是有的，特别是电子学部分，则是更现代化一些。每个实验室都由一位年纪较大的实验技术人员管理，不仅学生实验室，其他实验室中的这种管理人员年纪也都较大，不知道从那里找来如此多的老实验员！

这里学生讲义是自由拿取的。我每天吃过午饭后都去学生实验室及教室转一圈，看看有无新讲义。这几天看到的大都是一些习题及习题答案。从理论物理的习题看，似乎比美国同类课程要深一些，同我们在 50 年代念的水平差不多。指定的教学参考书，也是有新有老。例如，普通物理的参考书，既有费曼讲义，也有达夫物理学。

卡文迪许实验室没有固定不变的研究方向，完全看在哪方面有教授，如卢瑟福任教授，以原子核物理为主，布拉格则又重视生物物理。莫特时转向固体，现任的教授是柯克。现在因为莱尔及休伊士也在这里，故有两个小组的方向是天体物理。

看过卡文迪许实验室后，对于教学与科研的结合，有了更多的直接感受。每个卡文迪许实验室的成员，都属于一定的研究小组，而每个成员也往往要给大学生上课。上至柯克教授，下至一些博士后，在一年内或多或少都有大学生课。这种课按我们的叫法都属于基础课。所以，我不赞成物理教研室叫做“物理教学部”，意义是不大的，甚至更坏。因为，这样就意味着不属于物理教学部的人就不教学了，特别是不教基础课。所有教员既是科研人员又是大学生课程的教员，这是所有具有现代自然科学发展传统的地方都已视为很当然的事情。如果科大连这一点还办不到，也就不必再奢谈什么体制改革了。

英国人的守旧是人人都知道的，来后感觉更深，但是守旧并非坏的同义语。例如，英国的广播及电视，我觉得比有些国家好，没有乱七八糟的东西。西方盛行的某些音乐，在剑桥并不很流行，仍是古典音乐占优势。这种守旧不能说坏。在英国，守旧似乎还有另一层意思，就是尽量不去触动传统的形式，而只改变其实质。大事小事都可以看到这点。例如，英国政府规定，现有的建筑外形都不准加以改变，而内部可以更新，即只有保持外观不变的拆修才是能获准的，其他则不准。剑桥大学的中世纪式校规，也是在这样的含义下保留下来的。所以，可以说，形式上是封建的，而实质则已更新。

中国的历史发展往往相反，鲁迅曾经说过，中国历来的“革命”喜欢在人的头发打主意，每次改朝换代，首先改变的是头发式样，或穿着打扮，但往往也仅此而已。所以，总是形式上变化很多而实质却未变化，换汤不换药。因而尽管封建形式被取消，但封建的实质一直能保留到今天。中国的农民革命历来是打着替天行道为民请命的旗号，但却没有一次农民革命不是使一群新地主产生。英国人的光荣革命，虽然在形式上保留了王位至上，但却实质地改变了封建统治的根基，或可叫做不换汤而换药吧！所以，主张形式上守旧的，实质上可能并不真正守旧，相反，形式上似乎很“革命”的，实质上则可能是真正守旧的。

我希望，至少在我们改革物教这个“小”问题上，最好是法国革命方式，换汤也换药；次之则是英国光荣革命的方式，不换汤而换药；最要不得的是中国封建王朝的换代方式：换汤不换药。

以上各种观感或意见，可能有多处不对。既已写出，不再收回，可供批评。

祝好！

代问教研室其他同志好。

励之

1979 年 11 月 4 日

钱先生：

来剑桥已整整一个月了，这个月主要做的事是完成了两篇论文[3]。因为，我总想赶前不赶后为好，所以，来后首先集中精力写两篇文章。一

方面当然是便于“报账”（无论向国内或者向剑桥大学），另一方面也因为刚刚来，事情较少，可以全力以赴，等慢慢混熟了，应酬等事多起来了。看来下个月的主要活动就是应酬了。一是去爱尔兰，访问江涛。再是，意大利文化协会（在伦敦）要组织一次演讲会，上星期意大利驻英大使打电话邀我做一报告。因为在意大利时我曾住在这位驻英大使的家里，所以不好推却。

这些都是必要的应酬，是结交朋友的机会。外国的教授们，相当多的时间是用在交往上，为的是给学生开路。莱尔（他因射电天文上的成就而获诺贝尔奖）就说，现在对他来说，培养博士比自己做工作还重要。在西方，特别注重科学家之间的直接了解和信任。组织会议，推荐学生都靠这种个人之间的信任。因此，他们都很注重同行之间的交往。我们的情况不完全相同，来这里除了交往之外，自己还必须做出工作。任务是双重的，只好早上班，晚下班地抢时间。

在这里，我每天工作大约 11～12 小时，从早 9 时到研究所，连续工作到晚上 9 时左右，中午有很短的午饭时间。星期六和星期天，如无其他约会也照样工作。剑桥的其他人工作也是比较紧张的。这里的上班是没有人管的，但一般都工作 8 小时以上，研究生星期六也大都来。瑞斯也相当用功，每天都最早来研究所，工作 10 小时左右，他同鲁菲尼相似，也没有结婚。后者想当上林琴科学院院士后再说。前者则将争取当上皇家学会会员。所以，总的说，剑桥的工作气氛是紧的。

寄去两份卡文迪许的实验讲义，一为基本测量，一为光学，我觉得是很有特点的。新、老关系处理得好，每个课程中，既保留一些典型的有意

义的老实验，又加入一些全新的内容。如光学，有经典的麦克尔逊实验（不用激光光源，仍用钠光灯），也有全息光学。基本测量实验，仍然是测时间、质量、长度等，都是老问题，有的也用老工具，但提法已现代化。这个基本测量实验是由休伊士教授（脉冲星发现者，获诺贝尔奖）负责的。所以，上来在时间测量中，就用了发现脉冲星的例子。

在这些课程中，继承和发展的关系，很值得我们借鉴。中国 30 年的高等教育，“革命”太多，但成效不明显（如果不用甚微一词），原因之一就是没有积累。经常是计划一变，或方针一变，就一切从头开始，没有稳定的积累。小至一门课程，大至一个学校，如果经常是“一切从零开始”，是不可能办成样子的。其实，不管在任何阶段，教学中都是既有成功的经验又有失败的经验的。如果“抛开”过去的一切，“从零开始”，则不但把失败的东西抛掉了，也把成功的东西抛掉了，没有足够长时间的累积（即正常的继承和发展），想一蹴而就，是不可能的。

到这里来的中国人都有同感。在剑桥的研究所中，英国人日常做的事，并不见得多么的深奥，我们做起来也不感多么困难。许多事我们在国内也是类似地做过的。但是，不同的是，英国人已经几十年，上百年的如此干。所以，总的说，他们的底子就厚得多，工作成绩好得多。中国的老话“千里之行，始于足下”是不错的。走每一步其实都不难，难的是保持确定方向走下去。不要经常标新立异地变换方向。没有长期的积累，就不会有千里。所谓“一天等于二十年”是不折不扣的狂热投机心理的口号。如果反过来说、若能 30 年如一日的不间断的积累，中国的高等教育（当然并不限于高等教育），情况就会不相同了。

可能这又是谬论，但是这是这些天来的感受之一，即使是谬论也应当一写。

1979年11月26日

（原载于《科学报》1979年）

编者注释

［1］据皇家天文学会季刊1979年11月23日收到的剑桥大学天文研究所主任M.J 里斯教授提交的1978年9月1日至1979年8月31日的年度工作报告，方励之为该中心1979年～1980年的首名客座教授。

据中国科协技术大学档案馆(网站版)，1978年9月27日方励之升任教授。1979年10月22日中国科学技术大学公布1979年第一批37名出国访问与进修人员名单，方励之属此批人员。

据方励之这两封信，方励之到达剑桥大学的时间为1979年10月29日。

1979年11月方励之在剑桥时，被选为中国引力与相对论天体物理学会首届副理事长。

［2］钱先生即钱临照教授，中华人民共和国成立后，他在中国科学院应用物理研究所担任研究员。1955年当选中国科学院数学物理学化学部学部委员（院士）。1958年起任职于中国科学技术大学。1978年11月20日起兼任副校长。1980年加入中国共产党。此外，他还曾任第三届全国人大代表，第五、六届全国政协委员，中国科学技术史学会首任理事长，中国电子显微镜学会首任理事长，国务院学位委员会首届学科评议组物理组组长等职。1999年在合肥逝世。

［3］方励之在剑桥的两篇论文为：

1. An Accereting Black hole model for SS433, 1980, Irish Astronomical Journal, vol. 14(5/6), p. 153

2. Stimulated recombination emission from rapidly cooling regions in an accretion disc and its application to SS 433, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol. 194, Jan. 1981, p. 177-185 , in original form 1980 March 20

(返回目录)

写在“赞美我主”之后的午夜里

1979 年 12 月 2 日晚，我在英国剑桥参加了一次宗教活动，一次真正的基督教的教仪。印象是奇特的，幻想式的。

12 月 25 日是圣诞节，即传说中的耶稣基督诞生的日子。按照传统，在到来月的第一个礼拜天，要举行仪式来缅怀和赞美基督的降临。

皇家学院的教堂的教长邀我参加这一典礼，给了我一张会众合唱席的票。我应邀了。

开始我并不清楚这个活动的份量。后来，有的英国朋友得知我拿到票，都很羡慕。有一位来访者告诉我，只有虔诚的教徒和他们看重的客人，才有可能拿到一年只有一次的票。这我才明白，原来这还是一次“大典”呢！

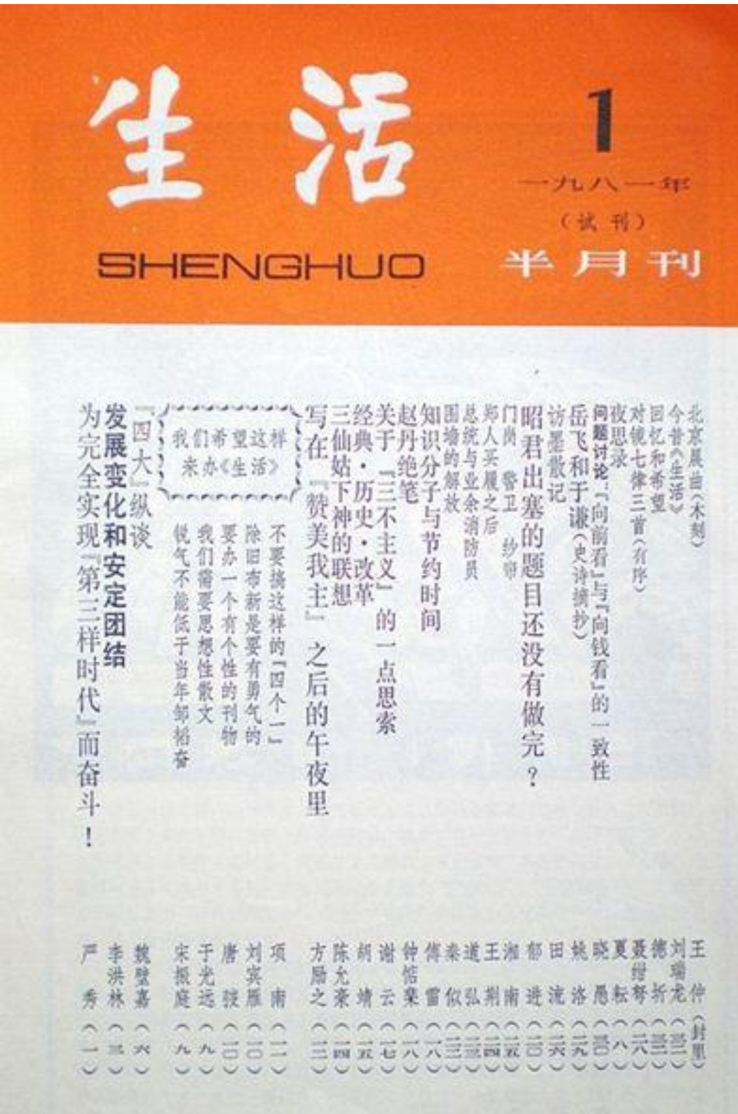


图 1　《生活》试刊[1]

我还曾有另一方面的顾虑。我参加这种宗教活动是不是又犯禁了呢？像我这样在外国进洋教堂的 CP（编者注释：共产党员），可能是绝无仅有的吧。甚至是不是会被指责为相信上帝了呢？“从大爆炸而皈依宗教”是

一种相当标准的上纲法啊！后来一想，其实，这种宗教生活，在我早已不是第一次参加了。十年浩劫期间，哪一年不也都必须参加赞美我主降临的教仪吗？我参加过那么多次东方的赞美活动，仍然被怀疑为不相信我主，所以，看来参加一次西方的赞美活动，大概也不至于会被怀疑是个虔诚的基督徒吧？

仪式在晚上 8 时半开抬，但属于合唱席的人，必须在 8 时 10 分之前入座。我 8 点整到教堂（顺便说一句，皇家学院的教堂是剑桥的标志，是这里的第一景），已有许多无票者等在门外期待着可能进去的机会。

用我们熟悉的语言来说，这个仪式是一次集体的演出，由独唱、对唱、小合唱、朗诵及大合唱组成，编成一个完整的颂歌。独唱、小合唱等由颂歌队表演，大合唱就是我们会众合唱席的任务，大约有三四百人。到场后，每人可以拿到一本全部演出的唱词以及或站或坐的动作指令。你们一定可以想象得到我的紧张心境。在国内，我都极少参加过合唱演出，何况到周围都是洋人的环境。不过中国的历史终究是长，中国人的计谋何止 36 条，今天我只要用一条就够了，这就是：滥竽充数，且来充一充吧！（我敢保证：你可以在许多所谓集体领导班子中,找到施这种计谋的人。）

仪式前后历时一个半小时，我们会众合唱席站起来唱，只有三四次，大部分时间是坐着听。由于有歌词在手，虽然是古英语，但也大体可明白主要的意思，是一次很好的音乐欣赏。颂歌队没有女声，而由童声和男声组成，突出童声可能是象征新生的气氛。童声极佳，外国童声与中国童声不同，开始我还以为是一种特别的女声。加之教堂极高，圆形的穹顶，使共鸣与回响之声似从天上来。为了使人产生似入神界的崇高感，教堂的建

筑师们的确费了一番苦心。以管风琴为主的声音虽然以前也听过，但在这个教堂中听，味道迥然不同。不能不使你认识到在西方文明中，教堂文化是极其重要的一方面。

我周围的几个不相识的会众，都很认真。每当轮到我们唱的时候，他们都一丝不苟，连字尾的 S 也都唱出来。这时，我只能肃立，其实，这种赞美诗的曲调并不难，很易上口，以我这种低能的音乐天分，我想只要学几次，也是可以唱的。

不过，当我在肃立的时候，我想到的并不是学唱赞美诗，而是一个老问题一再出现在我的心头：为什么基督教在西方有如此强的影响？剑桥无疑是最讲究科学的地方，为什么宗教教仪竟会吸引那么多的学者和学生？我到欧洲以后，这是使我最不能理解的问题之一。在东方，特别是中国的知识分子，“敬鬼神而远之”，对宗教从来是淡漠的。西方的科学和宗教几乎同时传到中国。前者在中国知识分子中引起强烈的反响，但宗教似乎仍然没有伴随着科学而赢得中国知识分子的欣赏。科学与宗教的关系似乎是那么了然，怎么能使得二者得兼呢？

今天，在合唱进入高潮的时候，这个问题更加尖锐了。但或许我也悟出了一点答案。

对中国的知识分子来说，对西方的文艺复兴是有了解的。但是，对宗教改革却往往不清楚它的意义，或者重前者，而轻后者。其实这都是对西方历史的不了解。宗教改革对西方的影响，并不下于文艺复兴。实质上，二者是不可分的。海涅在论西方思想史的时候，第一个讲到的就是马丁·路德。当然，这与海涅强调德国的影响有关，但宗教改革在西方的确

是新思想的启蒙。

文艺复兴的主要精神旗帜就是人本主义，而这种精神的相当部分是通过改革了的宗教体现出来的。列昂纳多·达·芬奇、米开朗基罗等文艺复兴时代的大师的作品许多都是与宗教生活相联系的。他们画的是《最后的晚餐》，雕的是圣母怀中的基督。但是，他们是通过这些宗教故事来表现人性，而不是表现神性。这是历史与传统造成的一种奇怪的结合。虽然在这些大师的作品里出现的是神，但体现出来的精神却是友谊、母爱、怜悯、同情……即人性，而不是神的至上，或神的权威。因此，可以说，宗教的改革，是把中世纪政教合一的教权即神权的宗教，变成了能与“自由、平等、博爱”兼容的一种精神的代表者。这可能是宗教在西方能够延续至今的重要原因之一。

在这晚的颂歌中，有这样的一首，当一位童声歌手把它唱出来后，我深深感到充满文艺复兴时代的那种古典艺术的美。禁不住要把它译在下面：

一朵纯洁的玫瑰开放了，

它从细丝的根苗中萌芽，

这是上古卜者的预言，

这是杰西期待的初生啊！

它的柔嫩花枝的光芒，

照亮在这寒冷的、寒冷的冬天，这漆黑的、漆黑的午夜。

这难道不使你感到，与其说它是在歌颂作为一个神的基督的降生，不如说它是在歌颂作为一个人的新生吗？

应当再声明一遍，我是不信上帝的。但是，对于文艺复兴的大师们把宗教中的神变成人，这种充满人本主义精神的艺术，我是倾倒的。它们堪称是人类文明发展史中的精华之一。

相反，自我标榜为大大超过文艺复兴的“文化大革命”，则是要把个别人变成神。不是吗？！我们回想一下，那时每年也要唱的降生“赞美诗”中，哪有敢把主的降生用柔嫩的玫瑰来加以比喻的呢？那样不就大大有失神一般的威严了吗？至于那种“文化大革命就是好！就是好！”的低劣“歌”词和吼叫式的“唱”腔，更不能不使你感到把中华民族的文明糟蹋到了何等地步！

中国虽然一直没有被有形的宗教长期统治过，但是，中国被没有宗教形式的宗教统治得太久了！

难道不是吗？

（记于 1979 年耶稣降临节的第一个礼拜日的子夜。原载于《生活》试刊）

编者注释

[1] 图 1 为编者所加。据齐鲁书社 2002 年出版的《藏书家》第六辑所载《两本试刊号》一文。我国著名的编辑出版家，原人民出版社副社长、副总编辑，原生活*读书*新知三联书店总经理范用先生，回忆当年他曾编印过的两本期刊试刊号：一本《新华文萃》，一本《生活》半月刊。据他介绍，这两本试刊号都未获中宣部批准发行，仅各印 100 本。项南、于光远等人希望办好《生活》半月刊，胡乔木写信劝停《生活》半月刊。本文据该刊原文校对。

(返回目录)

在剑桥想到的中国的科学现代化

远在英国剑桥大学的我们，听到国内召开全国科学技术协会第二次代表大会[1]的消息，是很兴奋的。因为，英国人常常以他们有这所剑大而自豪。“仅仅三一学院这一个学院，诺贝尔奖金获得者的数目，就比整个法国还要多。”这是英国人在介绍剑桥时，津津乐道的一个数字。固然，诺贝尔奖的数目并不一定能代表一个民族对科学的贡献，但是，作为中国人听起来，终究是别有一番滋味在心头的。曾经以她的高度文明而屹立于世界的中华民族，什么时候会再度展现出她那智慧的光辉呢？这是常常系在剑大中的每个中国人，尤其是科学工作者心上的问题。

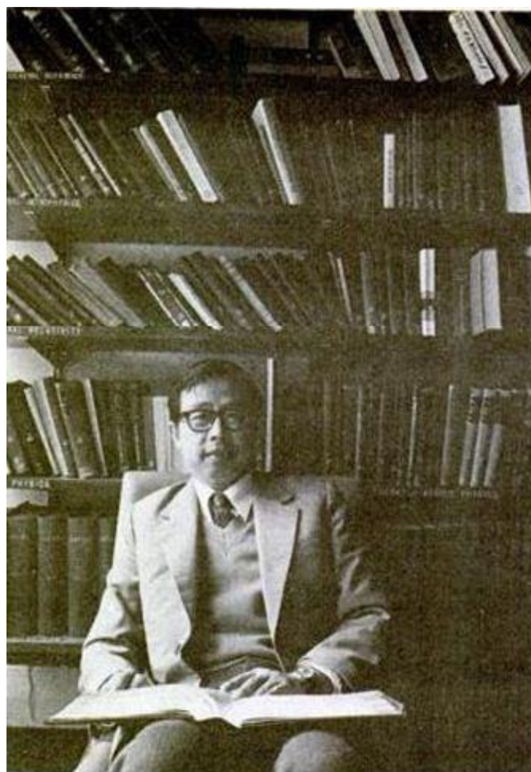


图 1 1979～1980 年在剑桥大学[2]

正因此，从国内传来的任何有关科学现代化的消息，都不免会激起或大或小谈论的波澜，第一次在中国举办的国际微粒子物理会议在从化召开了[3]；科学技术创造发明的奖励条例颁布了；学位制即将实行了；一年一度的高考又要为中国下一代的科学事业选拔新秀了；某某作家在写科学家的故事了……不时传来的好消息，使国外科学界的朋友们也为我们高兴以致欣羡，特别是在目前欧美各国经济不景气，科研、教育经费正在紧缩

的时候。

的确，这两年来，中国科学现代化的进展，不但是关心中国的人高兴的事，而且引起不少外国友人的侧目。尽管如此，盲目的乐观也还是没有根据的。近一二十年来，对科学和文化的破坏，是忘却不了的历史，它不能不使人们保留着顾忌。有人说，通过辛勤的劳动，中国就将会涌现出牛顿和爱因斯坦了，然而，其前提是不是已经足够了呢？有没有其他可能同样重要或者更加重要的精神因素呢？

比如说，技术职称恢复了，学术制度确立了，诚然，目前这是有助于推进科学研究的措施。但是，这二者似乎并不是关键的。相比之下，对发展科学，对保护辛勤劳动的更重要的条件——学术民主，好像还缺乏成比例的强调。

关于学术民主有这样一种提法：不要用政治手段，或行政手段去干涉学术研究工作、去解决学术争端。政治工作者限于路线和政策上的制定和掌握，科学工作者则致力于具体的专业。其实，这种政治与科学“各安职守”“互不干涉”的理想国，是天真的、不存在的。事实上，在任何一种社会体制中，科学与政治都是不可能全然分开的。用政治手段或行政手段去解决学术争端，有时不仅是不能避免的，而且是必需的。英国的天文学界目前正在争论下一个十年在什么方向上投入力量才会获得最好的学术收益，有三派意见，建造大型光学望远镜；建造大型毫米波射电望远镜；参加以美国为主的空间光学天文台计划。显然，这场学术预测的论争的解决，最后只有诉诸行政手段。天文学这种纯粹学科尚且如此，至于有关裂变反应堆是否安全的能源这种具有强烈的社会反应的学术争论，就更加离

不开政治的解决了。

中国也有相似的问题。关于北京的高能加速器的建造计划，是有针锋相对的两派意见的，一种认为好处甚多，一种认为无甚价值。解决这个争论，决定计划的弃取，也免不了采取行政方式。因此，问题不在于是否采用政治或行政手段去解决某些学术争端，而是当涉及这种政治及行政问题时，是不是保证科学工作者有充分的争论机会。这是学术民主中不可或缺的一种含义。去年，在《人民日报》上，只反应支持建造加速器一方的意见，而对相反意见则只字未登，看来是未能体现学术民主的原则的，尤其这件事是发生在已经大大强调了“百花齐放，百家争鸣”的全国科学大会之后。

类似地，科学问题与意识形态问题，在原则上也是不能分得清清楚楚的。至今国内有一些教本上仍然把宇宙空间的无限性作为马克思主义哲学的基本命题之一，其根据是恩格斯在《自然辩证法》里有过这样的论断。然而，现代宇宙学已经把这个问题从哲学的范畴下降成物理问题了。因此，问题是：在涉及学术问题的一些哲学概括上，现时的科学工作者是否也具有发展经典著作中的论断的民主权利呢？本来，马列主义之所以是科学的学说，原因之一就在于它是以当时的自然科学知识为基础的啊！

学术民主问题还反映在学术组织中。终身制在名义上已经是被反对的，但还缺乏制度的保证，还没有真正废除。目前，不仅在国内的学术机构的组成上存在着终身性和不流动性，甚至各种学会，这本来是科学工作者的群众性组织，其理事会的结构和组成也是永恒的。剑大的传统是比较守旧的，但在这里，不满 40 岁而主持一所一系的教授不乏其人。敬老、

尊老是中国文明中的优良传统，在这一点上，西方的老人（包括退休的老教授）是羡慕中国的。但却不能因此而低估了中、青年的能力。今年《红旗》杂志第二期上有一篇文章曾这样估计中、青年科学工作者，说：许多青年以及相当多的中年科学工作者是在近 20 年的动荡时期成长起来的，所以缺乏严格的科研训练。诚然，动荡是真的，但这似乎也构不成不对中、青年荷以重任的充分理由。因为，无论怎样估计，中年以及相当多的青年已是第一线工作的事实上的主力，当主力而不负责，是不可能充分发挥效用的。

低估青中年科学工作者能力的另一个暗含的理由，可能是认为这一辈人大都没有出过国。当然，如果能有机会到目前还比我们领先的地方工作一段，是会有得益的。但绝不应推出“未出过国，就要差”、“出过国的就好”的结论。近两年来，在大量外派进修生的工作中，一些人对科研单位、导师或专业的选择或者比较仓促，这一方面固然是由于国内对外国的科研体制不够了解，但另一方面，上述的心理可能也是重要原因之一。

另外，对于访问中国的外国学者，一些可能过分的礼遇和款待也是不必要的。中国的科学水平落后于先进标准几十年，这是事实，但是不等于要对外国访问者殷勤过分。中国人有好客的好传统，但不能喧宾夺主，只对外国人的意见听得进去，对自己人的建议反而“置之度外”。这种可能存在的现象，在那些并非真同我们推心置腹的外国人看来，是中国缺乏自信的表现。英国皇家学会同中国签订的交换学者的协议中，有一项是中国可以派不超过 100 个科学工作者到英国工作一二年或三四年。按照西方学术界的传统，英国方面本来准备承担这些人的部分生活费（因为是去工作，

而不是去学习），但我方婉拒了。这种处理的出发点是好的。但最近，皇家学会受教育部与英文化协会的协议的影响，竟反过来要收中国赴英工作学者的研究费。不能不说，这在一定程度上是我们前述处理的自轻，促成了英国方面的骄慢。

最近在某报上看到一则关于笔者之一的消息，其中写到："方励之正在世界理论天体物理中心剑桥大学讲学……"云云。可能作者是想采取烘托笔法吧，然而，效果适反。尽管剑大的天文研究所是国际间水平较高的学术单位之一，但若没有"之一"加以限定，而以"世界……中心"誉之，那就不但忘掉了自己的中国，而且忘掉世界是属于整个世界的了？

也还有另一种报导，前几天在某驻美记者写的专题通讯中，赞扬某留美中国学生在哥伦比亚大学的研究生考试中获第一名的事迹。据我们所知，这位同学的功课好，在北大学习时就有所表现。然而，由于反右派斗争的波及，他被剥夺了学习的机会，辗转流落 20 年，直到前不久才成为研究生再继续 20 多年前的学习。这种遭遇，使人为他的现在欣慰，也更为他的过去感叹。然而，报导者把获得研究生课程考试第一这种本应 20 年前即可有的小胜拿来大做文章，那就不免会使某些人嘁嘁于我们中国人志向的高低了。至于上述这篇通讯表彰的另一位学英语以致脱发的故事，那就更是不妥当的了。

这些报导的本意原本都是好的。科学大会时提出过"要捷报频传"的宣传方针，随后，有关科学技术的消息就开始"频传"了。不过，科学不同于农业与工业生产，它的成果较难用数量来加以标志，其价值很难在短期加以准确评价。所以，用宣传工农业的方法来宣传科学事业，就容易弄

错，确有的捷报，无妨加以频传。若非具有，或不完全有，或并非想象那样的有，则不应该也不需要频传。与其要不科学的“频传”，不如要不“频传”的科学。

中国有过光辉灿烂的科学和文化，中国人怀念着过去的并憧憬着未来的中国灿烂的科学和文化，中国人也有能力去复兴去创造更新的中国科学和文化。实现这一点的第一位的必要条件并不是物质刺激政策，而是在制度上的民主和集中。态度上的谦虚和自信，目标上的长期和短期等等方面真正做出有效的改革。

果如此，当中国的下一代再来到这剑河边的时候，他们一定会有另一种不同于本文开始时提到的心情了。

（原载香港《大公报》1979 年[4]，与邓棠波合写）

编者注释

[1] 文中提到的“中国科协第二次全国代表大会”，是 1979 年 4 月在中国科协工作得到全面恢复后，中国科协开始筹备，并向党中央提交了《关于召开中国科协“二大”的请示报告》。1979 年 12 月 31 日中央批复该报告。1980 年 3 月 15 日至 23 日，中国科协第二次全国代表大会在北京召开。

[2] 照片为编者所加，源于 1980 年 7 月 31 日《新科学家访谈》（New Scientist Interview）之《方励之》。

[3] 据新华网中国科学院编年史（1977 年～1986 年）：1980 年 1 月 5 日至 10 日，中国科学院主办的广州粒子物理讨论会在广东从化举行。

[4] 原文如此。但据文中内容，写作时间在 1980 年 3 月下旬～4 月 19 日。发表于 1980 年 5 月。 (返回目录)

六国之行见闻

——接受《北京晚报》科教部主任黄天祥采访[1]

七月一天的晚上，我去访问了不久前从国外归来的中国科技大学的方励之教授。他同我讲了在六国讲学的感想。

他说："我这次在英国、爱尔兰、意大利、美国、西德、巴基斯坦六个国家的三十来个大学讲学，发现国外大学开什么样课，都是教员自己提，而我们由教育部统一规定大纲。这样做太死，不利于发挥教员的特长；同时成年讲一门课，教员的思想怎么能活跃？剑桥大学的师生比例是 1:10，美国州立大学一般是 1:20 以上，而我所在的中国科技大学是 1:2，竟还往往派不出基础课教师。罗马大学规定每个教师每年必须教 40 节课 ，意大利的一位总统是他们的教授，也得讲 40 节课，否则吊销教授资格。所以我们的大学也应该规定课时，达不到的，我看也应该吊销职称，哪有讲师不讲课的！"他的爱人李淑娴同志在北大教书，也深有体会地表示赞同。

方教授接着说："中国人很聪明，美国经常测儿童智商，一般都是中国、日本人最高，犹太人第二。在国外，中国学生考试成绩很好，但主动精神差，按部就班，为什么呢？我看一个是民族性格，西方人爱冒险，总喜欢突出和标新立异。科学家否定自己的很多，我们要是这样，大概就会有人说：曾几何时……。"说到这，我们都笑了。"他们不认为改变自己的观点是丑事，因为这正说明自己在向前走，总是要创新。另外一个是培养方法，中国的高等教育也是靠教师灌，而西方主要是靠学生自己干，独立性强。所以我建议，大学每周排 5 天课，要使学生有较多的时间自学，同

时可以搞奖学金制度。”

这时候方教授递给我一张香港《大公报》，上面有他在剑桥大学讲学观感的长文。他对我说：“剑桥大学有三个精神，我们是应该借鉴的。一个是不恢复过去的荣誉。国外科学家的标准不在于懂得多少，而在于贡献多少，人是不能靠老本的。第二个是不赶时髦。这点很重要，很多诺贝尔奖金获得者都是这样出来的。国内却相反，赶浪潮、搞热门、一窝蜂的现象不少。最后一个是不怕理论家的讥笑，这一点对中青年科学家至关重要。所以剑桥大学不到 40 岁做出贡献的科学家很多。”说到这，方教授沉痛地谈到自己：“我至少晚了十年呀。”

这是他的责任吗？不是，1956 年从北大物理系毕业的方励之参加了我国第一座原子能反应堆的研建计算工作。以后，由于政治运动的冲击，使他不能一贯地从事科研活动，甚至他的第一篇论文也不准用真名发表。粉碎“四人帮”以后，方励之终于冲上理论物理的前沿。他一共发表了 60 多篇论文和著作，在相对论天体物理和高能天体物理，尤其是宇宙学和黑洞物理的研究，作出了可喜的成果，引起国际同行们极大的关注。1978 年，年仅 42 岁的方励之从讲师越级提升为教授，成为我国年轻的天体物理学家。已经 60 岁的杨振宁博士赞叹地说过，在中国，这样在第一线工作的中青年科学家越多越好。

当问起国外对中国科技现代化的看法时，方教授强调说：“缺少学术民主也许是一个重要的障碍。国外大学思想活跃，民主空气浓厚，已经形成传统，当年意大利的教皇也是不能干涉大学课程的。国内还不能完全体现，例如，关于高能加速器的建造，本来是两种意见，但《人民日报》只

反映支持派的意见，只字不登反对意见。我认为，只有辛勤的劳动，而没有科学民主这个重要条件，中国不可能出现牛顿和爱因斯坦。” 一位意大利老人在闲谈时说：一座没有中国花卉的花园，是不算一座好花园的。中国科学之花能够生长在世界科学园地里，不是更需要科学民主的土壤吗？

（原载《北京晚报》1980 年 8 月 15 日，第 3030 号，第 1 版）

编者注释

[1] 本文原为《北京晚报》科普负责人、科教部主任黄天祥著《六国之行见闻——访讲学归来的方励之教授》，此处原文照录。

(返回目录)

脱掉旧思想才能进入未来

有人说，现在一些自然科学工作者对科学学、人才学和未来学这些时髦的学科并不十分有兴趣。我就是其中的一个。

这并不是因为搞自然科学的不关心未来、不关心科学的发展、不关心人才的成长和培养。相反，这些问题是我们从事科学和教育工作的人，天天要遇到的。

但问题是，目前的三学工作还未能使许多自然科学工作者感到它的功效。这不仅是说，还看不到三学在具体的科研和教学领域中有哪些不可替代的作用，而且是说，还看不到它对整个社会具有怎样的不能为其他学科所替代的功能。

三学的应运而生，可能是由四个现代化政策引起的。一方面，它似乎是起着提高科学在我国社会中的地位的作用，另一方面，它似乎是要作为领导的一种“智囊”。总之，是为了促进科学更快的发展。

这里有一个预设的前提，科学对社会的功效总是好的。这似乎并不当然。科学本身与科学的功效是两个不同的概念。科学技术的应用如果与社会体制的发展不平衡，其效果可以十分不同。称未来是一种科学的社会、科学的文化或科学的文明似不全面。因为，任何一种文明，都是人文的文明。

因此，对中国未来的预测、对人才的培养和对科学的促进，都不能只着眼于科学一个方面，没有人文社会方面的平行发展，都将是落空的、幻想式的。

有人说要建立马克思主义的三学。这又有一个预设的论断，即马克思主义是行之有效的。然而，事实证明并非全是如此，许多标准的马克思主义的预言都已被证伪。

现在存在着对马克思主义的信任危机，这是一种世界性的现象，这是由于马克思主义已经被僵化，用过时的结论得到失败的结果而造成的。有人说信任危机是马克思主义的胜利，这使人心悸。我们已经承认了在物质方面的失败和落后，似乎还不敢或不愿承认在精神方面同样如此，或更甚。预测信任危机在中国，特别是下一代中国的影响，是现实的事。

因此，解放思想，并不是所谓恢复马克思主义的本来面目等等，而是寻求新的理论。所以，当前应当做的，与其说是建立马克思主义的三学，不如说是在科学的预见未来中去发展马克思主义，去改造马克思主义。

马克思主义当年是在改造了德国古典哲学、英国的古典经济学以及法国的空想社会主义思想的基础上发展起来的。其后继者的悲剧之一就是认为马克思主义之后人类文明就只会有马克思主义文明这一种了。这样就发生了异化。

马克思主义的三个组成部分：哲学、政治经济学和科学社会主义，其内容都已经落后于时代了，应当改造。人类历史中有许多不同的文化或文明时期，马克思主义文化或者也可作为一段。一段时期的过去，也许并不是坏事，因为，人类总是脱掉旧思想才能进入未来的。

（1980 年 12 月 8 日， 安徽合肥， 在全国第二次“科学学”学术讨论会上的发言。编者注：本文发表时间经李淑娴出示信件证实）

(返回目录)

理论物理学的前景

《百科知识》的编者出题，要我谈一谈对理论物理的前景的看法。这是件困难的事。

这使我想起，今年 4 月的中旬，当我正准备离开英国剑桥去美国访问时，在卡文迪许实验室里，看到一张特别醒目的告示。上写着，应用数学及理论物理系的霍金[S. W. Hawking]将做一次学术报告，题目是：

“理论物理学的终点是否已经在望？”

这使受过中国近 30 年的正统哲学教育的我，心中不免一震。一种本能的反应就是：

终点？！怎么可能有终点呢？按照“标准”的评价，这乃是没落资产阶级心理的一种反映。

然而，如果不是用本能而是用思考来自问一下：为什么终点观一定是反科学的？为什么不可穷尽观又一定是科学的？就至少会感到，答案并不是显而易见的。今天，既然在经济学领域我们已经从社会生活的发展中，对马克思的绝对贫困化等理论提出怀疑，那么，在物理学中，似乎再没有必要把列宁的“电子和原子一样，也是不可穷尽的”视为当然的结论了，因为它从来就没有被证明过。

因此，我想，在讨论理论物理的前景时，认真介绍一些“非标准”观点，或许是值得的。由于行期所限，霍金的报告我未能去听，但其观点，还是推测得到的。因为，在剑桥学派中，目前“终结观”是流行的。

霍金所谓的终结，意思是我们在不久的将来就可发现一组完全的、自

洽的、统一的物理相互作用理论，它能描写所有可能的物理观测。

如果说一门学科之成其为一门学科，应当在于它有独特的目的、自己的方法，那么，理论物理的目的和方法就是力图发现各种物理现象之间的统一，找到支配各种过程的统一的规律。理论物理学家的基本信念之一，就是相信存在着支配整个物理世界的统一规律。的确，回顾理论物理的发展，就会看到，它是由一系列越来越普适的规律的发现所构成的。这种发现进程会不会有终结的时候？这决定于下列三种情况会不会出现：一、我们最终发现了支配所有物理现象的统一规律；二、我们遇到了一个界限，在此之后不存在物理的因果规律；三、我们达到了“所有可能的观测”的极限。

过去的历史似乎表明，这三种情况都不会出现。事情似乎是，随着相互作用能量的提高，我们不断发现物质结构的新层次，也不断建立新的统一规律。

理论物理学上的第一次统一，就是牛顿在 17 世纪发现了支配天体运行和地面落体运动的共同规律，即他的力学和万有引力定律。在这一层次中，相互作用能量是很低的，如果以沿地球轨道运行的核子在太阳引力场中的束缚能来标志，则能量量级为 10^{-11} 尔格，相当于 6 电子伏。

第二次的大进展是由 19 世纪的麦克斯韦完成的，他建立了电磁理论，使电、磁及光学现象得到了统一。

很快发现，牛顿的力学和麦克斯韦的电磁学这两大领域在根基上是互不相容的。在前者中，各种匀速运动是平权的，而在后者中，却含有一个地位特殊的速度，即光速。爱因斯坦毕生企图把这两个领域统一起来，虽

然没有得到最后的成功，但却走了极其重要的一步，找到了能与麦克斯韦电磁学相协调的引力理论——广义相对论。

作为引力理论的广义相对论和作为电磁理论的麦克斯韦理论构成了经典物理学。它的正确性为大量的实验所证实。这是上世纪末和本世纪初的情况。就在同一时期里，开始证实物质并不是连续的，而是由原子所构成。例如，布朗运动已可显示原子性，它的能量尺度约为 10^{-2} 电子伏。

当利用经典理论来构造原子模型时，遇到很大困难。因为，实验证明原子的基本结构是：中心有一几乎等于整个原子质量的带正电的核，它的周围由电子围绕。可是，按经典理论，这种旋转电子应发射电磁波，由此消耗能量而将堕入原子核中。也就是说，用经典理论得不到一种稳定的原子模型。

这个困难被量子论所克服。量子论比经典理论更为普适。量子论的基本点之一是“削弱”了经典的因果律。在经典物理的传统中，我们相信，只要知道了一个体系的初始条件，那么，在原则上就可以无限精确地预言该体系此后的发展。相反，量子理论则认为，决定论式的预言在原则上是不可能的。只能有统计性的预言。

量子力学应用于原子、分子体系是极其成功的。但用于电磁场时，遇到新的困难。这主要是由于电磁场具有无限多的自由度，以致在计算结果中会出现许多无限大的量。

40 年代末发展的重整化方法巧妙地克服了上述困难。在这种方法中，要引进一系列无限大的但并不直接可以观测的量，这样使可观测量是由无限大量之间的相减而成的有限量。尽管重整化方法并没有足够坚实的数学

基础，但计算结果与实验符合，使量子的电磁理论——量子电动力学成为最成功的一个物理理论。

其他的物理相互作用理论则还没有如此成功。由于加速器能量的不断提高，到 60 年代末，我们已经得到了如下的物质结构的图像：宇宙中的所有物理对象可以分成两大类，一类称为“物质”，如夸克、电子、μ 子等等；另一类称为“相互作用”，如引力、电磁力等等。物质粒子都由半整数自旋粒子的场所描写，而相互作用则由整数自旋粒子的场所表证。在目前的宇宙中，有四类基本的相互作用，按其强度顺序的排列是：强子参与的强相互作用；荷电粒子和光子参与的电磁相互作用；强子及轻子都参与的弱相互作用；以及最弱的，任何粒子都参与的引力相互作用。在 50 及 60 年代，各种相互作用的理论独自发展，那时的弱作用及强作用理论都是不可重整化的，或者说，在这些理论中必须引入无限多的无限大量才能使计算得到有限的结果。这当然不能令人满意，因为这实际上是得不到有限结果的。

1967 年，温伯格、萨拉姆和格拉·肖的工作开始改变这种状态。他们再次着眼于统一，相互独立地提出了电磁作用与弱作用二者统一的理论。特别是，到 1971 年，又证明这一理论是可重整的，更增强了人们对这一理论的信心。尽管目前只在低能范围内对弱电统一理论进行过实验检验，但可能部分由于它在统一、重整等根本问题上带来极有意义的启示，这一工作获得 1979 年度的物理诺贝尔奖。

这一启示，促使人们去寻找可重整的及统一的强作用理论。比较成功的可重整理论是所谓量子色动力学，它认为参与强作用的基本粒子是由夸

克组成的，夸克带“色”，夸克之间通过自旋为一的色胶子相互作用，就像电子之间通过光子相互作用一样。目前还不能声称这一理论已被实验证实，但已有的实验与量子色动力学理论不矛盾。

有了这个基础，就可以试图发展把电磁作用、弱作用及强作用都包含在内的统一理论了，通常称它为“大统一理论”。目前大统一的方案有很多，而在低能范围内，许多大统一理论有一个重要预言，即质子是不稳定的，它会自发衰变，因而其寿命是有限的（过去质子通常被认为是绝对稳定的）。现在实验已给出质子寿命的下限为 10^{30} 年，进一步的实验可望得到能对理论进行检验的数据。

不过，像对弱电统一理论一样，对大统一理论的关键性的检验应当是在高能。大统一理论中有一个基本观念，即认为强作用的耦合强度随着能量的增高而逐渐减小；另一方面，在弱电理论中，电磁作用的耦合强度随能量增加基本不变；而弱作用耦合强度则随能量提高而变大。三者达到相等时的能量约为 10^{24} 电子伏。这就是大统一理论所要求的能量标度。

10^{24} 电子伏是太高了，指望用加速器来做这种高能实验，似乎是永远没有可能的。今天的加速器在质心系统中的能量约为 10^{10} 电子伏，下一代可望达到 10^{12} 电子伏，这个能量对检验温博格-萨拉姆的弱电统一理论是很有意义的，但对大统一理论来说仍是太小太小了。因此，从推进理论物理（即发现统一的物理规律）的意义上来讲，目前这类加速器的原理和方法可能已接近它的晚期。

正因为如此，一些粒子物理的工作开始从加速器转向其他，例如宇宙学。也许，我们生存于其中的宇宙只有在大爆炸的极早期曾经有过能量尺

度为 10^{24} 电子伏的粒子过程。这样，极早期宇宙，即宇宙年龄小于 10^{-8} 秒的一瞬间，可能是检验大统一理论的高能行为的唯一的“实验室”。这就是这两年来粒子宇宙学迅速发展的直接的原因。

然而，宇宙实验室也不是取之不尽的。因为，今天的宇宙年龄已有约 100 亿年了，许多早期发生过的事，已经难于考查。特别是，如果在演化过程中曾经经过一些热平衡态，那么，由于热平衡是会“遗忘”历史的，故在原则上，从我们今天对宇宙的观测，已很难推知宇宙早期的某些情况。

总之，如果我们认为，只有随着能量的提高，才能不断地发现物质结构的新层次，则问题就是，可能不再找得到具有更高能量的有效的实验室了，我们已经面临着达到“所有可能的观测”的极限。

大统一理论其实既不够“大”，也不够“统一”。不够大，因为引力相互作用并没有被包括在大统一理论之中。不够统一及完整，因为其中还含有许多重整化参数，例如各种耦合常数以及质量。

为什么大自然选择这些常数为这个值而不是另外的值?这同样是科学应当回答的问题。与此有紧密联系的是初始条件问题。为什么我们的宇宙选择这种而不是另一种初始条件？如果我们不回答这些问题，就等于默认我们只能以下列的方式说明世界：“事情现在之所以是这样，那是因为它过去是那样”，或者“事情现在之所以是这样，那是因为第一推动会是那样”。显然，这还只是一半的科学。

有些人企图改变上述的说明方法，其中重要的一种就是所谓“人择原理”。它主张以下述方式说明世界：事情现在之所以是这样，那是因为现在有人存在。意思是说，可能存在许多不同类型的宇宙，它们各自具有不

同的物理参数和初始条件。然而，只有在参数取特定值的宇宙中，才能演化出人类。这样，并不是不允许自然界选择其他的物理常数和初始条件，而是人只能存在于具有特定参数值的宇宙之中。因之，人也就只能看到具有特定参数的宇宙了。就如同那些春生秋灭的昆虫，只能“观测”到温暖的气候，而看不见严寒，虽然严寒是客观存在的。

利用人择原理可以相当好地说明一些物理常数之间的关系，例如，只要中子与质子的质量差稍有变化，就可能使上百种核素变成不稳定的，这将直接影响到化学和生物演化的根基。人之所以能存在，的确是与物理常数的巧妙配合分不开的。

人择原理也有它的弱点，它暗含地假定，物理常数的任何其他配合，都不可能或很少可能演化出人，或演化出具有自我认识能力的生物，而这一点实际上是无法用观测来加以检验的。所以，我们并不希望用人择原理去解释太多的常数值，而更希望能用进一步的统一来减少自由参数的数目。

在大统一之后，等待统一的只有引力了。引力十分弱，在目前实验室的能量范围内还没有直接看到引力的量子效应。引力的量子理论还没有解决重整化问题。再有，按照经典引力理论，宇宙不可避免地要存在“奇点”。也就是说，或者整个宇宙起源于奇点，或者终结于奇点，或者二者都出现在这种质量、密度、时空曲率等许多物理量均成为无穷大的点上。在遇到奇点的地方，我们不再可能在事件之间确定因果联系，作为经典理论基础之一的引力理论，是基于因果律的，但奇点定律表明，其中必有因果律不再适用的地方。当然，也可以采取另外的解释，即认为，奇点并不真的存

在，相反，是在奇点附近经典引力理论本身已经失效。例如，考虑到引力的量子效应或许就能避免奇性。

姑且不论量子化后是否确实可以避免奇性，而引力的量子效应却会带来一个新的能量尺度，在能量大于此值的范围，时空本身不再是一个描述运动进行的连续背景，而是有明显的引力场的量子涨落，因此不可能再谈更深层次的物理结构。这个能量界限是 10^{28} 电子伏。这样，无论在经典的或量子的引力中，我们都会遇到使理论物理终结的界限，或者是在奇点之处不再存在物理因果律，或者是在 10^{-33} 厘米之下不再有更深的物质结构层次。

引力的统一化和量子化的最有希望的一个途径是把广义相对论推广到超引力理论。这种理论有一个非常诱人的性质，它把物理学中传统的“物质”与“相互作用”之间的界限也打破了，即用半整数自旋粒子所表示的“物质”，与用整数自旋所表示的“相互作用”之间也统一了。超引力的另一个优点是，在量子论中出现的许多无限大都相互抵消了。因而这种理论不但在统一了所有物理粒子和相互作用的意义上是完整的，而且在没有任何不确定的重整化参数的意义上也是完整的。不必要再用人择原理来解释物理常救的取值。

至于宇宙的初始条件，在统一的完整的理论中，也不希望全由人择原理来解释，而是更倾向于伏尔泰的哲学：我们生活在所有可能的世界中的最可几的那一个。我们已经说过，从经典理论进入量子理论时，伴随着因果律的“削弱”，从一般的量子理论进入有引力的量子理论后，因果律会进一步的削弱。在经典理论中，我们可以确定地预言粒子的位置和动量；

在量子理论中，按测不准原理，我们只能确定地预言它的位置或它的动量，即预言的能力减小了一半。在黑洞周围的量子发射过程中，粒子的位置和动量都不能确定地预言，我们只能给出粒子在某个模式上的几率。因此，具有引力的宇宙，也是在各种不同的状态上按一定几率分布着。我们所生活的大爆炸宇宙，在初始时刻之所以具有理想的热平衡条件，那是因为热平衡态相应于几率最大的状态。就在这种意义下，我们是生活在那个最可几的世界之中。

总之，我们希望这种最终的统一理论只基于极少的出发点。例如，从以下的三点就可能唯一地确定整个理论结构：一、时空是四维；二、其中包含有引力；三、它是有限的，没有附加的无限项。显然，如果要求一个完整的理论是没有不确定的参数的，则它必须有第三点性质。至于第一及第二点，则只有求助于人择原理了。比如，如果有一种世界是由满足第一及第三点理论所支配的，则其中不含有引力。在这种宇宙中，没有足够的吸引力形成大尺度的聚集，从而不可能出现有复杂结构的生物。同样，如果时空不是四维的，而是三维的，即二维空间一维时间，也不足以出现人类，因为有机结构在本质上不是平面的。如果空间超过三维，则行星绕太阳或电子绕原子核的运动都是不稳定的，体系将崩溃或瓦解。至于多维时间的宇宙，那似更难有一种确定的因果律。

理论物理是从牛顿发现地面与天上的统一规律开始的。自那以后，路分两条，一条研究越来越小的物质结构，另一条研究越来越大的宇宙现象。现在，当理论物理进入晚期时，两条路又相遇了，探索越来越早期的宇宙演化与探索越来越深入的物质结构，开始合流了。当我们能找到预期的统

一的完整的理论，使我们能追溯到大爆炸的起点（或奇点）时，我们的认识也就达到了物质结构的真正的基点，同时，我们也就遇到了不存在因果律的界限和观测的极限。所以，好像得到满足即等于死亡的浮士德一样，在宇宙开初的奇点那里，作为寻求统一的动力学规律的理论物理学将得到它的最大成功，最大的满足，同时也就是它的死亡。

（原载《百科知识》1981 年第 1 期）

(返回目录)

科学与技术的关系

戚德余、李勇为同志在 1980 年 9 月 27 日《光明日报》第三版上发表了一篇文章，题为《英国为什么科学发达而经济增长缓慢？——英国科学界的一些议论》。他们介绍了目前英国科技界中的一种舆论：希望改变英国的基础科学发达而技术进展落后的不正常局面，特别强调了“科学是技术之母”这一观点的片面性。这些观点引起国内一些同志的非议和反对。争论似乎不仅是理论性的，而且涉及预算的分配。因此，如果把表面的和潜在的两方面分开，那么争论所涉及的问题至少可以分成以下两个：

一、科学与技术两者的发展，以及它们的社会功能之间有怎样的关系？

二、就中国的情况而言，对基础研究与技术发展二者之间采取怎样的投资比例才是合适的？

对于第一个问题，如果我们从系统的观点来考查整个社会，那么，就会看到，要在科学与技术二者的社会功能之间排出一个孰重孰轻的顺序，是不可能的。科学与技术之间的关系不是单一的，而是存在着连续不断的相互反馈的作用。主张科学是技术之母论者，列举了许多技术发明直接源于科学发现的历史事实；主张技术发展比科学更根本论者，也举出许多事例，说明科学发现往往基于一些新技术的出现和采用。把这两方面统一起来，不是正好说明，科学和技术之间是相互依存、相互促进、而又不能相互替代的关系吗？

多年来，我们习惯于一种程序：凡遇到不同的两个方面，总是要分出

一个主次地位，才觉得关系“清楚”，否则总有名不正言不顺之感。这种认识方法的滥用曾经给我们带来过损失。在封建社会里，任何事物都有自己不得僭越的等级，这种历史背景或许在我们的思想方法上留下了过强的印记。如果要在科学与技术之间，也要论一个类似君臣那样一者决定另一者的等级关系，那就不对了。

当然，这并不排除对各种不同类型的科研工作在投资的分配上，有先有后，有急有缓。因为，具体的政策总是取决于具体的情况。就像有心脏病的人，首先要治理心脏，有肝炎的人，则重点要保肝，需要“因人制宜”。

戚德余等同志所介绍的，不外乎就是英国人对自己“病情”的一些分析。这些介绍是实事求是的。当英国舆论界出现这股潮流的时候，恰巧我也在英国。当时戚德余同志在我国驻英大使馆工作，我在剑桥大学。我的专业是物理和天体物理，而且是偏重理论的，自然不免有重科学轻技术的职业性偏见。尽管如此，我也不能不觉得那时的舆论是切中英国的弊端的。英国的基础研究在战后仍一直保持高的水平，但在技术开发上，出口产品竞争上却每况愈下。英国培养出为数不少的出色科学家，但是在技术界却缺乏足够数量和质量的人才。特别是，如果把英国和西德与日本相比，则可以看到，各国的科学水平与技术水平之间并没有简单的正比关系。技术成就与科学成就，技术教育与科学教育之间也没有这类简单关系。

一些做政策研究的同志反对这样的分析，理由是可以举出许多科学决定技术发展的事例。这些事例本身并不错，然而，拿来作为论据，则是风马牛不相及。因为，英国舆论所论证的是英国现时存在着重科学轻技术的倾向，以及它的原因；而并不是讨论是否存在技术依赖于科学这另一个方

面的关系。

所以，这种反驳所反映出来的，与其说是对英国情况的不了解，不如说是对政策的制定应依据什么不了解。科学技术史上的事例不能作为制定政策的充分依据，科学与技术的一般关系也不能唯一地决定现实的政策。否则，各国的具体政策岂不是都成了一个样了吗？

目前，美国和日本关于科学和技术关系的处理，就不尽相同。美国在 60 年代曾大力加强基础科学，那是由于苏联卫星首先上天的刺激，使美国朝野普遍感到基础研究薄弱，从而着力追赶；而当阿波罗计划实现之后，重视理论、重视基础的势头开始消退，1969 年达到转折。此后美国在基础研究方面的投资比例逐年下降，进入低潮。至少在物理类型的学科中，削减基础，发展应用，是美国当前的趋向。

日本的舆论则不同。我们可以引用日本的一位诺贝尔物理学奖金获得者江琦的一段话作为代表，她说："日本的科学技术水平的确很高，在实际开发和研制国际通用的新产品和新技术上具有卓越的能力。但是，日本科学技术在国际上没有得到应有的'尊敬'，这是为什么？其原因有二：一是日本只是研制和大量出口那些能同先进国家现有产品相竞争的产品；二是日本未能创造出从无到有那样的基本发明。……日本今后必须加强基本发明工作，否则，对日本的科学技术的信赖将会更加降低。"

英国、美国和日本在舆论上、处理的侧重点上的这些不同，正是由各自的情况不同决定的。从中我们应借鉴的似乎是，政策的制定不能仅以一些一般性的原则作根据，也不能以成功的国家曾采用过的成功办法作仅有的依据。在一种社会和文化背景中行之有效的办法，在其他背景下不一定

会产生同样的效益。对于具体技术的引进，尚且要考查它的可行性和适用性，对于安排科学与技术关系这种更强地依赖于社会背景的问题，就更不能简单地套用或搬用外来的东西了。

中国有自己的文化传统，中国人有自己特有的素质。怎样才能找到适合于中国的社会结构、背景和现状的有效办法和途径，来提高科学和技术水平？这就是我们希望从事政策研究以及制定预算的同志应着重研究的问题。所谓的办法和途径，应是一个定量的最佳的安排和分配方案，而不是一两句口号。最近，各项工作，包括科学与技术的关系在内，都在进行调整。我们希望不要再用一两句口号来作为调整的原则杠杆。以下的情况是记忆犹新的：当“科学技术应为生产服务”的口号成为原则杠杆的时候，纯粹科学的研究纷纷下马、改行、散伙；当“加强基础理论”的口号成为原则杠杆的时候，有些本来是纯技术性的单位，也必须适应形势作些“挂羊头”的基础研究。这种口号形而上学的教训，也真是够深刻的了。

科学与技术两者的特点是十分不同的。一方面，科学的目的是探索自然、认识自然，从事科学研究的直接动机常常不完全是为了生产。荷兰物理学家克什米尔说过，“人类文明不是起始于人开始去制造和使用工具，文明是起始于当人有了时间去雕琢和装饰他的工具。文化的精华总是那样一些东西，它从纯粹应用的观点来看，是不必要的，多余的，甚而是浪费的。”这个文化的定义，也许不能概括整个科学，但非常适用于纯粹科学。另一方面，技术则有鲜明的实用性，它的目的就是利用自然科学的知识来对自然进行各种各样的控制和使用，直接地改善人们的物质生产能力。

把科学和技术只分成上述两个极端的方面，可能是过于简化了。实际

上，从纯粹科学、应用科学，到技术开发、技术研究，再到工程研究、工艺研究等等，构成从一个极端到另一个极端的连续谱。不同部分的研究动机和目的，也是从一个极端逐渐变到另一个极端。我这里所想强调的，正是各有各的动机，各有各的目的这一点，不应当也不可能用一个口号来规范全体。搞纯粹科学的，应当有恃无恐地"不为生产服务"；搞技术开发的，应当心安理得地"不搞基础理论研究"。
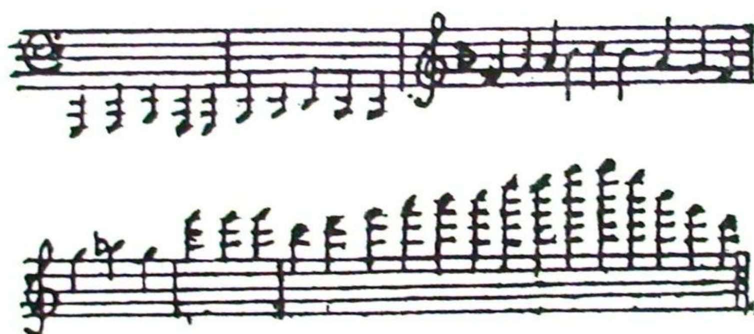
我想，调整的起码结果，就是应当允许上述的"安居乐业"。尽管这种起码的要求还远不是最佳要求。对后者来说，需要在整个从科学到技术的连续谱上处理得当：包括其中许多横的和纵的关系的安排，包括建立起它们之间的配合、交流以及有效的正反馈等等。这就需要更加定量地调查和分析科学和技术的整个状况，而不是靠泛泛地争论究竟"科学是不是技术之母"来解决问题。

（原载《光明日报》，1981 年 4 月 10 日）

(返回目录)

现代宇宙学的基本概念的发展

和谐的序曲



这一阕比巴哈还要早的乐曲，如今几乎已经完全被人们遗忘了。现在，我们用它来作为序曲，并不是由于它的旋律在音乐史上的地位，而是因为，在人类认识宇宙的历史中，它曾起过独特的作用。

1618 年 5 月 15 日，德国天文学家开普勒[J. Kepler]发现了他的著名的第三定律，即行星绕太阳的周期的平方正比于该星与太阳之间的平均距离的立方[1]。无疑，这是非常值得记住的事情，因为开普勒第三定律对于牛顿理论的建立起过关键的作用，直到今天，这条定律还有广泛的用途。然而，在许多记载中，往往有意无意地略去了下面的史实：开普勒正是在研究上面的曲调时，得到他的不朽的定律的。

当时，开普勒正致力于找寻行星运行中的音乐。他反复计算了有关行星近日点和远日点的运动速度和各种比例关系，力图证明水星、金星、地球、火星、土星和木星的这些运动量是有节奏的，遵从和声规律的，它们本身应当就是一首歌。为了最终找到这首歌，他需要知道行星的周期和距离之间的关系。经过长久的试探，他终于得到这条平方与立方的比例关系，

写出了行星运行的主调。这就是开普勒第三定律和上面序曲的由来。

是什么观念促使开普勒去寻求天体的运行和音乐之间的关系呢？很简单，这个观念就是宇宙的和谐。他相信，大自然的内在美，必定像音乐那样令人神往。

的确，宇宙和谐这一古老的自然观一直是激励人们去探索宇宙的一种积极的信念。从毕达哥拉斯到哥白尼都无例外地受过它的鼓舞。古希腊的毕达哥拉斯学派首创西方沿用至今的宇宙一词 COSMOS，它的本意就是一个和谐而有规律的整体。哥白尼在《天体运行论》中发展日心说的时候，指引他向前走的，与其说是要获得比地心说更好的具体计算结果，不如说是追求一种具有“完美的形式”和“令人惊叹的对称性”的宇宙模型。

所以，我们在考查现代宇宙学历史的时候，第一个碰到的问题就是：宇宙和谐这一自然观在现代宇宙学中是已经褪色了呢，还是增添了新光彩？

牛顿之后的物理学中，逐渐形成一种观点，或一种标准的方法，即认为微分过程总是简单些的、完美些的，积分过程则是复杂的、缺乏对称的。因而，对任何问题我们总是从小尺度的现象开始，把大尺度留在后头。诚然，这种方法在许多问题中是行之有效的，物理规律大都用微分方程来表达，也正是这一点的反映。但是，这也给人带来一种错觉，似乎大尺度现象总要比小尺度现象复杂。因此，一提起宇宙学，不少人有这样的直觉：宇宙这样大的体系，必定是复杂到极端了，难道是我们的认识能力能够驾驭的吗？

这种疑虑并不是有充分的根据的。因为大的体系并非总比小的体系要

复杂。例如，牛顿力学本身并不是从车行马跑这些小尺度现象总结出来的，相反，它是依据行星和月球的运行这种大尺度现象而建立的。原因就在于，从力学观点来看，后者要比前者简单得多，和谐得多。

现代宇宙学的发展证明，从某些角度看，我们的宇宙也是这样一个“简单、和谐”的体系。在至大无边的宇宙上，仍然存在着“完美的形式”、“令人惊叹的对称性”。宇宙和谐的自然观，不仅在间接的、原则的或哲学的意义上依旧适用于现代宇宙学；而且，在直接的、具体的或物理的意义上也同样适用于现代宇宙学。就像开普勒继承和发展了哥白尼以前的宇宙和谐观念一样，今天的宇宙学是继承和发展着开普勒、牛顿以前的宇宙和谐的观念。爱因斯坦在纪念开普勒的文章中曾这样写道：“我们在赞赏这位卓越的人物的同时，又带着另一种赞赏和敬仰的感情，但这种感情的对象不是人，而是我们生活于其中的自然界的神秘的和谐。”

现在，就让我们来看一看，在现代宇宙学中，人们是怎样一步一步地揭示出自然界的神秘的和谐吧！

第一个自洽而统一的动力学

从理论方面来说，爱因斯坦在 1917 年发表的论文《根据广义相对论对宇宙学所作的考查》，是现代宇宙学的先声。在这篇论文里，第一次从动力学的观点考查了整个宇宙，并建立了第一个自洽而统一的宇宙模型。

爱因斯坦在 1916 年刚刚确立了他的广义相对论之后，紧跟着他就转向了对宇宙的考查。像爱因斯坦在其他工作上采用的方法一样，他在宇宙学问题中，也是从揭示“简单”问题中的根本矛盾着手的。

什么是宇宙学中被爱因斯坦抓住的“简单”而又根本的问题呢？这就是无限宇宙与牛顿理论两者之间的矛盾。

我们知道，到 20 世纪初年，宇宙空间的无限性和牛顿引力理论的普适性，好像已经是科学中有定论的东西了。

的确，无限宇宙作为一种自然哲学，在冲破中世纪宗教宇宙学的精神束缚的斗争中，曾起过重要的作用。以哥白尼—开普勒—伽利略为代表的先驱者，用科学的论证推翻了宇宙以地球或者耶路撒冷为中心的神学教义；牛顿的理论则最终给这些新观念奠定了动力学基础。这一系列的成功，也使人们默认了这样一幅宇宙结构图：宇宙的空间是无限的，无论向前向后、向上向下、向左向右都可以一直走下去，没有一个方向是有终点的。也就是说，宇宙空间是三维欧几里得几何的无限空间，无限的天体则布满在无限的空间之中。然而，这样的宇宙结构图，是不是真的有科学的根据呢？没有。不仅没有，而且有内在的矛盾。

每一次科学上的重要进展之后，由于它的巨大声誉往往会使某些后来的人不去认真思索，或者不愿思索由这些进展所带来的新观点中，哪一些是被证明了的真理，哪一些还只是猜测或假说，以致将各种观念不加分析地笼统接受下来。像宇宙空间的三维欧几里得几何无限性和牛顿理论在宇宙学上的适用性，就属于后一类观念。尽管许多人已经习惯于接受它们，然而其正确性并不是自明的。

爱因斯坦在宇宙学中的第一步工作，就是分析这个似乎不成问题的观念中存在的问题。

首先，如果物质布满在整个无限宇宙之中，那么，无限远处的引力场

就不会变为零。但是，另一方面，在讨论局部的天体运动时，我们总是假定可以选取这样一个参照系，以使引力场在无限远处变为零。而且，这个无限远的条件，对于解决许多局部的天体运动问题，是不可缺少的。这样，我们就处在二者择一的境地：或者放弃牛顿力学作为天体运动的动力学基础；或者认为天体并不是均匀地分布在整个无限空间里，而是只占据一个有限的范围。若采用后一种看法，则牛顿的宇宙仍然是一个有限的宇宙。

其次，即使假定天体只分布在有限的空间中，按照牛顿理论，这个体系也是不稳定的，它或者将发生坍缩，或者将飞散而瓦解。

总之，只要用牛顿理论来分析无限空间中星的体系，就会发现它们存在着难以克服的内在矛盾。原则上，根据牛顿力学并不能建立起无限宇宙这一物理体系的动力学。换句话说，从牛顿理论及无限宇宙这两点出发，我们根本找不到一个自洽的宇宙模型[2]。因此，结论是：要么修改牛顿的理论，要么修改无限空间的观念，或者两者都要加以修改。

当然，这里也存在一条回避上述疑难的“便当”途径，就是认为寻找整个宇宙作为一个物理体系的动力学是根本不可能的。然而，这种“解决”办法并不能使爱因斯坦感到丝毫的满意。他写道：“要我在这个原则性任务上放弃那么多，我是感到沉重的。除非一切为求满意的理解所做的努力都被证明是徒劳无益时，我才会下那种决心。”事实上，爱因斯坦从来没有准备下那种决心，相反，他总是抱定了另一种信念，他总是坚持着宇宙必定有可以为人理解的普遍有效性。一个和谐的宇宙，怎能竟没有自洽而统一的动力学呢？

历史上第一个动力学宇宙模型，就是在这种观念的支配下获得的。这

就是有名的爱因斯坦的静态有限无边模型。在这个模型中，爱因斯坦放弃了传统的宇宙空间的三维欧几里得几何无限性，主张就空间广延来说，宇宙是一个闭合的连续区，连续区的体积是有限的。但它是一个弯曲的封闭体，因而是没有边界的。天体则均匀地分布在这弯曲的封闭体中。这个模型中不再有上述牛顿理论与无限空间两者之间的矛盾。

爱因斯坦就以这项工作开创了相对论宇宙学的历史。

科学史上一桩最大胆的预言

在爱因斯坦的第一个模型之后，相继提出了一些其他的宇宙模型。例如，几乎与爱因斯坦模型同时发表的德西特［W. de Sitter］模型，1922 年苏联物理学家弗里德曼［A. Friedman］的模型，1927 年比利时天文学家勒梅特［G. Lemaitre］再次独立地得到弗里德曼的模型。

这些后继的模型有一个共同点，即它们不像爱因斯坦模型那样是静态的，相反，都是动态的。其原因也很简单，因为广义相对论与牛顿理论相似，其中只有引力。所以，当一个体系没有内在的斥力因素的时候，引力得不到斥力的平衡，无论如何是不可能有静态解的。

那么，爱因斯坦为什么获得静态解呢？实际上，1917 年的爱因斯坦模型，并不是 1916 年爱因斯坦引力场方程的解。为了使静态模型能符合动力学方程，爱因斯坦特地修改了他的 1916 年的方程，引进一个具有斥力性质的因子，叫做宇宙学项。爱因斯坦之所以这样做，因为他相信宇宙间的物质从大尺度来看，必定是静态的。

事实上，爱因斯坦这个模型，也同样不是静态的。勒梅特和爱丁顿［A.

Edington］先后证明，只要有小小的扰动，爱因斯坦的模型就会从静态变到动态，即这种静态是不稳定的。

总之，相对论宇宙模型的一个普遍特点就是动态。

勒梅特在分析他的模型时指出，在这宇宙模型里，从任何一点进行观测都会发现，在它周围的天体，或者正在均匀地远离它而去，或者正在均匀地向它靠拢，而且，远离速度，或靠近速度是和天体与观察者之间的距离成正比的，即：

相对速度∝相互距离

早在 1923 年，外尔［H．Weyl］在分析德西特模型中的检验粒子的运动时，也得到过上面的比例关系。

还可以更普遍地说，只要我们采用广义相对论，同时假定宇宙空间中的物质分布是均匀的、各向同性的，那么，不论哪一种宇宙模型，只要在距离不太大的范围，上述正比关系总是成立的。这样，根据广义相对论，我们几乎不可避免地要对宇宙做出这样预言：宇宙或者在膨胀，或者在收缩！

这个不可避免的结论可以说是科学史上一桩最大的预言了。一方面，因为它预言的范围之大，涉及到整个天文学的空间；另一方面，更重要的是，它要打破的传统之深，涉及到整个宇宙学的历史。

长期以来，天文学中有这样一种潜在的成见：虽然地球、太阳、银河等具体天体都在运动着，但是，在一个更大的尺度上来看，天体体系应当是准静态的。这种大尺度的静态观有它的认识论上的根源。因为，人们肉眼常见的恒星天体在形态上的变化是极小的。在认识尚还粗浅的古代，由

此产生天体的静态观是十分自然的。到了近代，虽然已经证实一个个小尺度天体系统在运动、在变化，但是大尺度的静态观仍然被不自觉地因袭着。爱因斯坦也没有摆脱这种传统观念，他囿于静态观，宁肯引进宇宙学项，抛弃动态解。

可见，在静态观已经有了上千年的历史的时候，敢于预言我们的宇宙必定是膨胀着、或者收缩着，的确需要有相当大的科学勇气。

红移

现在我们转到宇宙学的观测方面。

事情要从仙女座星云谈起。这个星云是在北天中用肉眼依稀可见的一个星云。所以，直到公元 964 年，才在波斯天文学家阿尔·苏菲［Abdur-rahman Al Sufi］的《恒星的塑像》一书中有文字记载。在 1781 年梅西耶［C. Messier］编制的星云星图表中，仙女座星云排在卅一号，所以表示为 M31，这个表中的星云数共有 103 个。到 1888 年，英国天文学家德雷耶尔［J. L. E. Dreyer］刊布的总新星表中星云星团的数目增加到 7,840 个。

有关仙女座星云这类天体的本质，有两种截然不同的看法。一种看法认为，有一些星云实际上是像我们银河系一样的巨大的恒星集团，只由于它距离我们非常遥远，所以看起来像是一块“云”。另一种观点则认为，星云都是银河系之内的天体，并不是十分遥远的。第一种观点首先是由康德在他的《宇宙发展史概论》一书里提出来的，后来不少天文学家支持这种观点。但是，也存在反对派。反对派的重要理由之一是，在某些星云中发现了强烈的爆发现象，如果星云是由恒星组成的，这种现象就意味着某

些恒星的亮度在爆发时几乎相当于整个银河系那样亮，这是不可思议的[3]。

总之，直到本世纪初，我们面临着以下两种宇宙图像要进行抉择。一种认为宇宙中充满星系，每个星系中又包含着大量的太阳那样的恒星，我们的银河系只是宇宙中的一个星系。另一种认为宇宙的物质部分全在银河系中，各种星云都是银河系中的天体。因此，摆在观测宇宙学面前的最重要的任务就是测定星系的距离。

这个任务是由美国天文学家哈勃[E. Hubble]首先完成的。他利用当时最新的威尔逊山一百英寸望远镜，第一次看到了仙女座星云是由一些恒星组成的，而且证认其中存在着亮度周期变化的星，它们同银河系中的造父变星同属一类。由这种对比，他测定出仙女座星云位于 90 万光年之外，这远大于已知的银河系的范围，因而仙女座星云是银河外的大星云。这就最终证明了，某些星云是遥远的星系，第一种宇宙结构图是正确的。

在哈勃完成测距工作之前，关于星云的光谱研究已经开始。在 1910 年～1920 年间，美国天文学家斯里弗[V. M. S1ipher]发现，许多星云的光谱有相当大的红移。如果采用多普勒效应来解释红移的起因，则意味着这些星云向远离我们的方向运动。例如，室女座中星云的远离速度大约为 1,000 公里／秒。这样高的速度，在当时的天文学观测中是没有遇到过的。

更加意外的是，不久发现，处在不同方位上的星系普遍都有红移。也就是说，各个方向上的星云都在远离我们而去。这不正是一幅宇宙膨胀的图像吗？到 1929 年哈勃宣布，用他的距离测量法证实了星系的红移（也即多普勒速度）与距离之间有“粗略的线性关系”。这就是著名的哈勃关

系的发现。

这一发现的意义是非常巨大的。不仅因为它以直截了当的方式支持了宇宙膨胀的大胆预言，而且它表明：

一、系统性红移现象只在大尺度上存在，这意味着在星系以上的尺度存在着有别于其他尺度的特征。大尺度上的物质运动、时空结构等等，并不就是小尺度上的简单外推。

二、系统性红移的存在，要求从“系统”的角度来研究已观测到的所有星系构成的集合。在红移现象发现之前，虽然已经开展了对河外星系的研究。然而，对整个观测所及的天区来说，还只是作为许多关系不大的星系集合来看待的。红移现象第一次显示出这个星系的集合也具有统一的特征，具有整体性的一面。

正是由于如此，可以说，红移规律的发现，才使现代宇宙学在全面的意义（既有理论研究又有观测检验）上诞生了。

什么是现代宇宙学？现在我们可以这样来概括它：在理论与观测有密切联系的方面，它的研究课题就是现今观测直接或间接所及的整个天区上的大尺度特征，即大尺度的时间及空间的性质，物质及运动的形态和规律。

年龄检验和稳恒态宇宙学

红移规律的发现，引起了现代宇宙学发展的第一个活跃期。当时，提出过许多种红移机制的模型，求解过各种引力理论的宇宙模型。当然，注意的中心仍然是广义相对论的宇宙膨胀模型。

按照宇宙膨胀模型，星系相互作分离的运动，空间中星系应当越来越

稀；或者倒回去看，越往早期，星系越密。显然，当星系密集到一定程度时，星系不可能以我们目前观测到的形态存在，换言之，我们今天看到的一切星体都应当是那个密集时代之后产生的。

因而，一切星体的年龄都必须小于从密集时代到今天所经过的时间。利用哈勃关系中的哈勃常数，可以估计出这个时间大约是十亿年，这就是宇宙膨胀论所预言的星体年龄的上限。

这个推论与许多事实矛盾。早在开始研究放射性的时候，卢瑟福[E. Rutheford]就开创了利用放射性同位素测定年龄的方法。到 1927 年，用同位素年代学所定出的铀矿年龄约为 13 亿年，而地球表面的岩石的年龄应当是在 20 亿到 50 亿年之间。后来更精确的测定给出太阳系的年龄为 46 亿年。相比之下，宇宙的年龄太短了。所以，宇宙膨胀模型一度受到普遍的怀疑。爱因斯坦曾就这个问题说过："既然由这些矿物所测定的年龄在任何方面都是可靠的，那么，如果发觉这里所提出的宇宙学理论同任何这样的结果有矛盾，它就要被推翻。"

在这种形势下，稳恒态宇宙学应运而生了。这种宇宙学企图既保留宇宙膨胀观念，又能避免年龄问题上的困难。英国天文学家邦迪[H. Bondi]和戈尔德[T. Gold]，以及霍伊尔[F. Hoyle]在 1948 年分别独立地提出了稳恒态观念。他们的基本观点是，宇宙尽管不断膨胀，但其物质密度永恒不变的原因是：在宇宙膨胀过程中，物质不断创生，补足了由膨胀造成的密度减小。这样，在宇宙的过去并不存在一个密集时期，也就不存在星体年龄的上限。物质的创生率很小，约为 2.3×10^{-37} 千克 / 米 ^{3}•年，在地面实验室中，是探测不出来的。

随后，观测宇宙学开始检验这一模型。如果宇宙是稳恒的，星体的分布密度是不变的，过去的密度与现在的密度是相同的，那么，在遥远天区的天体密度就应同近邻天区的天体密度相同。因为，我们看到的越远的天区，相当于越早的时代，所以，只要比较一下遥远天区和近邻天区中星体的分布密度，就可以判断宇宙到底是不是稳恒的。这种检验方法叫做计数。从 30 年代开始，观测宇宙学中就有星系计数工作。但是，比较重要的工作当属 60 年代初进行的射电源计数。这是由英国射电天文学家莱尔［M. Ryle］等开始做的。他们发现，射电源的分布密度随距离有明显变化，也即是随时间有明显的变化，并不是稳恒的。这就直接证明稳恒模型的出发点是不对的。

差不多在同一时期里，帕洛马山 200 英寸望远镜建成付用。不久，巴德［W. Baade］在 1952 年用新的望远镜发现，哈勃用以计算距离的标准取得不对，哈勃没有分清存在着两类周期性的变星，以致他所得到的距离都比实际的小 2.6 倍。1958 年，桑德奇［A. Sandage］进一步发现，哈勃把遥远星系中的 HⅡ区误认为最亮星，这又使哈勃的距离标准比实际值小了 2.2 倍，经过这些修正之后，哈勃关系仍旧成立，但哈勃常数大大改变。用新的哈勃常数计算宇宙年龄，结果约是 200 亿年。这个上限的确大于一切星体的年龄，年龄矛盾也就不存在了。

这就是广义相对论的宇宙膨胀模型通过年龄检验的始末。

热大爆炸

40 年代末，美国物理学家加莫夫［G. Gamow］和他的同事阿尔费尔［R.

A. Alpher］和赫尔曼［R. Herman］开始研究宇宙膨胀论中的早期密集状态。60 年代时，苏联天体物理学家泽尔多维奇［Ya. B. Zeldovich］、英国的霍伊尔及泰勒［R. J. Tayler］以及美国的皮伯尔斯［P. J. E. Peebles］都分别独立地研究过这个课题。逐渐形成了热大爆炸宇宙学一派。

热大爆炸的主要观点是，宇宙不但不断地膨胀，而且宇宙的温度也在不断降低，即宇宙有一个从热到冷的演化史。在极早期宇宙中，温度、密度都是极高的，经过最初的百分之几秒后，宇宙温度下降到 10^{11}K 左右。这时，宇宙间不仅没有地球，没有太阳，没有任何星体，甚至除去氢的原子核，即质子之外，也没有任何其他的化学元素。只有质子、中子、电子、光子及中微子等粒子形态的物质。它们之间达到热平衡。

随着宇宙继续膨胀，物质密度和温度进一步下降。中子开始失去自由存在的条件，它将变为质子。到宇宙形成 3 分钟左右，中子约占总核子数的 40%，质子约占 86%。这时温度已降到 10^{9}K，中子可以同质子结合而成为氘核。一些化学元素就是从这一时期才开始形成的。当温度下降到 100 万度之后，形成化学元素的过程也结束了。这时宇宙间的物质主要是质子、电子和一些轻的原子核。辐射仍很强。

再过数万年，宇宙的温度下降到几千度，辐射退居次要地位。宇宙间的电子与离子复合而成气态物质，从气云再逐步发展出各种星体和星体的体系。这时，宇宙才开始了星的时代。在亿万颗恒星中，有一颗就是太阳，在太阳系的演化中出现了能够认识宇宙的人类。

这就是热大爆炸勾画出的宇宙演化史。

热大爆炸中最出色的思想是把化学元素（或核素）的形成和演化同整

个宇宙演化的动力学联系起来，把核物理的成果同广义相对论巧妙地联合起来。可以更广义地说，热大爆炸力图找到各种物质形态的形成和演化与宇宙膨胀这一总背景的内在联系，力图用各个领域的物理规律来充实广义相对论所给出的宇宙时空的几何框架。所以，有人说热大爆炸研究把宇宙学从几何阶段推进到物理阶段，这种评价，是很恰当的。

还有一点值得一提。由于热大爆炸中使用温度概念，因此，很容易以为热大爆炸所给出的宇宙体系是一种热力学平衡态。我们知道，从热力学平衡态是不能自发地形成任何有序结构的。但是，热大爆炸模型却认为宇宙间的一切有序结构都是从极早期的混沌状态发展出来的，这不是一个极大的矛盾么？

然而，这个矛盾是表面的，因为，考虑到引力的作用以及膨胀的背景之后，热大爆炸描写的宇宙体系并不是热力学平衡态，而是一个远离平衡的状态。近年来，非平衡态物理学的最重要进展就是获得了下面的概念：在远离平衡的状态中，涨落过程会使体系变成有序。热大爆炸理论可以说是在上述一般观念发展之前，已经沿着这种方向在发展了。热大爆炸理论所主张的正是：在从热到冷的过程中，依靠涨落触发的不稳定性过程，宇宙中出现了一系列从简单到复杂，从无序到有序的过程。由粒子到原子、分子，再到更加有结构的液体和固体，最后形成最复杂的、有生命的有机体。这一切看来都是同宇宙膨胀所带来的最根本的非平衡过程联系在一起的。

建立在这些现代物理理论基础上的宇宙演化说，显然已经比牛顿、康德、拉普拉斯基于经典力学的星云形成说深刻得多，丰富得多了。

微波背景辐射

现在我们再转来谈观测的发展。

使热大爆炸宇宙学获得声誉的事件主要是微波背景辐射的发现。这个问题是同宇宙的氦丰度联系在一起的。

氦这种元素，在地球上很少，在天体上却相当多，按质量约占四分之一到三分之一。

为什么有如此多的氦？这曾经是一个谜。因为，恒星的年龄最多只有 100 多亿年，远远不足以形成如此多的氦。但是，利用热大爆炸模型却很容易解决这个问题。由于在宇宙早期存在着元素形成的阶段，产生氦的效率很高，完全可以解释高达 30%氦丰度。另一方面，根据氦的含量以及宇宙膨胀的速度，可以计算出宇宙早期的温度，由所算得的温度进而可以推知宇宙现在的温度。这个温度可以从背景辐射中测出。阿尔费尔和赫尔曼曾预言，宇宙背景辐射应是 5K 的黑体辐射。皮伯尔斯预言约为 10K。

1965 年果然测到了这种背景辐射。发现的过程相当偶然。1964 年，美国贝尔电话公司安装了一座用回声号卫星进行通讯的地面天线。它的性能很好，有极低的噪声。射电天文学家彭齐斯［A. A. Penzias］和威尔逊［R. W. Wilson］两人想用它来测量高银纬上银河的 21 厘米发射。他们先在 7.35 厘米上校准他们的设备。奇怪的是，在 7.35 厘米上总有不能加以清除的噪声。消息辗转传到普林斯顿后，迪克［R. H. Dicke］和皮伯尔斯判定这正是他们在设法测量的宇宙背景辐射。从 1965 年以来，对微波背景辐射谱进行了多种测量，证实它是温度 3K 的黑体辐射，并且有相当好的各向同性。所有这一切都同热大爆炸的预言很好吻合。

这个结果带来了现代宇宙学发展史上的第二次高潮。

回顾一下宇宙学史上的两次高潮，是很有启发的。我们看到，引起第一次高潮的哈勃关系的发现，是先有理论预言而后才有观测结果的；引起第二次高潮的微波背景辐射的发现，又是先有理论预言而后才有观测结果的。我们知道，在天体物理领域中，进行准确的预言是十分困难的事，原因在于天体现象涉及的因素太多，理论很难处理这种复杂的体系。然而，宇宙学上的主要两步却都是让理论走在了前头，这不正是在一定意义上反映着整个宇宙反而是个更为“单纯而和谐”的体系吗？

70 年代以来

自从微波背景辐射发现之后，宇宙学的文献与日俱增，至今没有衰减的趋势。之所以如此，是因为宇宙学已经和物理学、天体物理学密不可分了。在 60 年代以前，现代宇宙学虽然在原则上也是属于物理和天体物理的领域，但是实际上它与二者的主体的联系都很少，因而宇宙学似乎总是游离在整个物理及天体物理之外的一朵奇花。今天的情况已经大大不同了。无论从观测上看，或者从理论上看，它都在物理和天体物理中牢牢地扎下了根。

我们可以简单地罗列一些观测宇宙学课题来证明上述的论断，即：各类天体的空间尺度，天体的时标，各频段的背景辐射，河外天体的红移，各类河外天体的计数，天体的大尺度分布，大尺度上的质量密度，元素的宇宙丰度，宇宙线的能谱，类星体，射电源，活动星系核等等。这些似乎涉及天体物理学的整个观测方面，观测宇宙学与观测天体物理学开始融为

一体了。

理论方面的融合则更加引人注目。现在，探索越来越早期的宇宙演化与探索越来越深入的物质结构开始合流了。

物质结构的研究已经进入了所谓“大统一理论”阶段，即试图发展一种把电磁作用、弱作用及强作用都包含在内的统一理论。按照这种理论的估计，统一所相应的能量尺度约为 10^{24} 电子伏。10^{24} 电子伏是太高了，指望用加速器来做这种高能实验，似乎永远是没有可能的。今天的加速器在质心系统中的能量约为 10^{10} 电子伏，下一代可望达到 10^{12} 电子伏。它对于大统一理论的能量尺度来说还是太小了。正因为如此，宇宙学对物理的发展有了特殊的作用。可能在我们生存于其中的宇宙里，只在大爆炸的极早期曾有过能量尺度为 10^{24} 电子伏的粒子过程。这就是说，宇宙年龄小于 10^{-6} 秒的一瞬间可能是检验大统一理论的高能行为的唯一的“实验室”。这就是近年来粒子宇宙学迅速发展的原因。

在这方面最有兴趣的一项进展是关于极早期宇宙的粒子生成假说。观测表明，今天的宇宙中粒子与反粒子之间在含量上是不对称的。另一方面，大爆炸宇宙学的基本思想，是认为现存的各种复杂的、不对称的宇宙现象都是从简单的、对称的原初宇宙演化出来的。那么，粒子与反粒子之间的不对称，也应当有它的生成过程。根据大统一理论，这种生成过程可能发生在宇宙年龄为 10^{-36} 秒的时代。那时，重子数不守恒过程和正反粒子的不对称过程可能都起重要作用，结果形成了正反粒子的含量上的不对称。在今天，重子数不守恒及正反粒子的不对称过程对宇宙的演化已经不起作用了，只在粒子物理学中有它们的作用。

重子数不守恒过程和质子的衰变问题相联系；正反粒子的不对称和长寿中性 K 介子衰变问题相联系。这两种过程都是非常微弱、非常缓慢的。但是在宇宙的极早期却起过关键性的作用，我们的宇宙之所以有今天，是和它们的作用分不开的。

这种粒子生成理论，还有待于检验。但是它已经赢得了许多人的信念。其理由之一就是它非常好地体现了和谐美学的原则。这种理论把粒子物理和宇宙演化二者相当自然地统一在一起了。

宇宙学中的另一个新观念——人择原理也是一种和谐观，它是想把人的存在和宇宙的演化统一在一起。提出这个原理的目的，是为了解释我们的宇宙为什么具有这种而不是那种的初始条件；为什么具有这种而不是那种的物理参数。对一个完整的理论来说，这些问题是必须回答的，否则就等于默认我们只能以下列的方式说明世界："事情现在之所以是这样，那是因为它过去是那样，或物理常数是这样。"显然，这还只是一半的科学。

人择原理则主张以下述方式解决初始条件和物理常数的问题："事情现在之所以是这样，那是因为现在有人存在。"意思是说，可能存在许多不同类型的宇宙，它们各自具有不同的物理参数和初始条件，然而，只有在参数取特定值的宇宙中，才能演化出人类。因之，人也就只能看到具有特定参数的宇宙了。或者说，被观测到的宇宙与作为观测者的人的存在二者是互为依存的，没有观测者也就不存在被观测到的宇宙。宇宙和人之间是和谐的，利用人择原理的确可以相当好地说明一些物理常数之间的关系。例如，只要中子与质子的质量差稍有变化，就可能使上百种核素变成不稳定的。这将直接影响到化学和生物演化的根基。人之所以能存在，是

与物理常数的巧妙配合分不开的。

从开普勒的序曲开始，宇宙学和现代宇宙学已经走过了三个多世纪的曲折的路。然而，在这曲折的路上，宇宙和谐的自然观却始终成为一种启迪人们智能的哲理而显示着它的光彩。

开普勒寻找行星运行与音乐之间的对应，后来曾遭到非议，认为他用了太多的精力在这个错误的方向上。诚然，用今天的知识水平来衡量，把自然规律看成像音乐一样，是太简单化了。但是，当整个物理学中几乎还没有一条靠得住的定量的经验规律作为先例，而且还很少有人确信存在这种规律的时候，他不仅坚信这种规律的存在，而且坚信这种规律应象和声学那样的定量和严格，实在是非常值得钦佩的。在今天的宇宙学中，或许我们还会犯开普勒那样的“太简单”的毛病，还会给后人留下非议的地方。但是，我们并不因此而有丝毫的犹疑，因为任何超越历史的幻想都不是科学。现代宇宙学的发展，像其他自然科学的发展一样，都已经清清楚楚地证明了，只有由失败和成功组成的和谐的历史，而不是幻想的快捷方式才是到达真理的路。

作者注释

[1] 这是开普勒本人用的表述， 在他这里“平均距离”指的是最大距离与最小距离二者的算术平均，即为椭圆长轴与短轴之和的二分之一。

[2] 后来发现，基于牛顿理论，在一定条件下也能建立自洽的宇宙模型，不过，那是红移发现之后的事了。

[3] 现在知道，恒星的确会发生“不可思议”的大爆发， 超新星现象就是一种。用恒星爆发之不可思议作为驳难的理由，很明显还是亚里士多德的正

统的不变观在作祟。

（原载《自然辩证法杂志》1981 年第 3、4 期）

（返回目录）

天体物理的 1980 年

粒子宇宙学的发端——寻找中微子静质量——发现背景辐射的四极各向异性——引力透镜效应的例证——测定中子星的大小——恒星结构理论的新难题

几个月前，我在介绍理论物理学前景（见本刊 1981 年第 1 期）的时候，曾经提到：探索越来越早期的宇宙演化与探索越来越深入的物质结构二者，开始合流了。现在，就从这个问题继续谈起。

把粒子物理和宇宙学结合起来，并不是新鲜的想法。早在 48 年前，当狄拉克因他的正负电子理论的成功而得到诺贝尔奖金时，在授奖仪式后的演说中，他讲过下面一段话：

如果我们采纳迄今在大自然的基本规律中所揭示出来的正负电荷之间的完全对称的观点，那么，我们应当看到下述情况实在是一种偶然：地球，也可能整个太阳系中，电子及正质子在数量上占优势。十分可能，对某些星球来说，情况并非如此，即这些星球主要是由正电子及负质子构成的。事实上，可能每种星体各占一半。这两类星体有完全相同的光谱，用现有的天文学方法，无法辨别这两类星体。

这就是说，狄拉克主张宇宙是对称的。在宇宙中应当有一半的物质，一半的反物质，二者的数量是相等的。这个猜测，可以说是粒子宇宙学的发端。

不过，粒子宇宙学一词正式被起用是在 1980 年。而且，它之所以被起用的一个关键性事件，是大家认识到宇宙中的正反物质并不对称？数量

并不相等，狄拉克的猜测可能是错误的。很巧，这件事又可以由一项诺贝尔奖金来标志。

1980 年的物理学奖给了粒子物理学家克罗因和菲特赫，他们两人的贡献是发现在中性 K 介子衰变中某种基本的对称性被破坏了。这种破坏的程度非常之小，以致在今天的宇宙中，它的作用是微不足道的。但是，宇宙之所以有今天，又可能与它是分不开的。因为，在宇宙的极早期，即宇宙寿命大约是 10^{-36} 秒的时候，这种微小的不对称会引起粒子和反粒子的反应速率的不平衡，而这种不平衡导致了那时的质子数目稍多于反质子，大约只多十亿分之一。正是当时这一点点“多余的”粒子形成了我们今天生活的地球以及看到的整个星球世界。从狄拉克的猜想到克罗因和菲特赫发现的推论，都说明了宇宙的演化多么强地系于粒子的本性。

另一桩说明宇宙和粒子之间紧密关系的事件也出在 1980 年，这就是中微子的静质量问题。

宇宙学中有一个老矛盾，叫做“下落不明的质量”问题。早在研究星系团质量时就已发现，用动力学方法求得的星系团质量，远远大于用光度方法得到的质量。这说明星系团中应有许多看不见的物体，它们具有很大的质量。另外，从类星体的红移视星等关系推得的质量密度要比从本超星系团得到的大得多，这也暗示着可能有看不见的物体的存在。

这种看不见而又质量很大的物质到底是什么呢！十多年来，理论天体物理学家设想过各种各样可能的物质形式，观测天文学家用光学方法、射电方法、X 射线方法进行过各方面的直接间接的搜寻，大都失败了，质量仍然下落不明。

其中有一种猜测，在 70 年代初就有人提出来了，认为这个质量是由静质量不为零的中微子贡献的。因为，只有中微子能逃脱从射电到 X 射线各个波段的观测。而且，按照大爆炸宇宙学的推论，目前“残留”在宇宙中的中微子在每立方厘米中有几百个之多。所以，只要中微子具有很小的静质量，哪怕小到几个电子伏特，它们也将会成为宇宙中的质量的主要来源。根据宇宙学的这些考虑，天体物理学家甚至还预言了中微子质量的可能范围，提供粒子物理学去验证。

然而，这个推测一直没有受到粒子物理界的足够重视。这些年来发展的粒子理论，例如有名的温伯格—萨拉姆弱电统一理论，始终默认中微子的静质量为零。直到去年才开始有变化。这是由于美国、苏联的一些实验小组宣布，中微子的静质量可能不为零，而是在十几个到几十个电子伏特之间。这个范围相当符合宇宙学的期望。在我们的宇宙中，99%的质量由这些中微子占有，而聚集在星系、恒星中的质子、中子等的质量，只占宇宙总量的 1%左右。这样，多年的“下落不明的质量”问题，就有了比较满意的进展。

宇宙学中也有“不满意”的进展。我们知道，微波背景辐射的各向同性是标准的大爆炸宇宙学的一个基本的出发点，它是宇宙在大尺度上均匀各向同性的一个最重要的“物证”。从 1977 年开始，人们发现这种辐射在大尺度上并不完全各向同性，而有偶极各向异性存在，即在一条过地球的直线的两个方向上辐射温度有千分之几的差异（分别达到极大值和极小值）。不过，偶极各向异性现象不会动摇各向同性的标准宇宙模型。因为，只要地球沿着该直线相对于背景辐射有运动，那么，本来是各向同性的背

景辐射在地球上看来也会具有偶极形式的分布。1980 年的新情况是，人们又发现背景辐射具有四极各向异性。这种各向异性就不能再归因于观察者本身的相对运动了，而必定涉及宇宙本身的结构。它可能说明宇宙并不是严格的各向同性的，这将迫使宇宙学家们不得不修改简单而对称的标准模型。

另一个受到关切的新现象是“孪生”类星体 0957±561A 及 B, 这两个类星体相距很近，只有 6 弧秒。特别的是，二者的光谱性质完全相同，红移、发射线和吸收线的线宽等等，在误差范围内都一致。如果这一对“孪生”的类星体各自是独立的，那怎么会有如此相同的性质呢？要用巧合来解释是不能令人信服的。一种合理的解释是，这二者实质上是一个类星体，而由于引力透镜效应使我们看起来变成为两个。

所谓引力透镜效应，爱因斯坦早在理论上预言过了。因为引力场会使光线偏折。所以，一个天体的引力对周围光线的作用，就像一个透镜一样，会使光线发生会聚。这样，如果在某个发光天体和地球的连线上恰好还有另一个大的天体，那么，这个天体的引力场就有可能使发光天体的光线形成两个虚像。引力透镜效应一直没有被观测到。因为，只有当发光天体，引力透镜天体及观测者三者都在一条直线上，才会看到这种现象。显然，哪个天体满足这种条件，是很难判断的。0957±561A 及 B, 有可能是第一个被我们判断符合上述要求的天体。去年春天，用帕洛马山的望远镜，果真在 A 和 B 中间发现了一个大星系，它可能就是“透镜”天体，这就进一步支持了引力透镜的解释。

更有趣的是，后来又发现了一组三重类星体，它们的名字是

G1115+08。三个类星体的红移都是 1.72，它们位于一个边长只有 2 弧秒的三角形的三个顶点上，其中两个类星体的亮度相同，而第三者则要比它们亮 10 倍左右。这个最亮的第三者本身又是一个密近双源，所以整个体系实际上是四重类星体。现在普遍猜测，这是引力透镜的另一个例子。不过，至今还没有找到产生这个效应的“透镜”天体在那里，也许要等到有了空间望远镜的超高分辨率的观测手段后，才能找到它。那将是 1985 年以后的事了。

引力透镜效应对于研究宇宙的大尺度结构可能是非常有效的，因为可以用它来测量宇宙的半径。这就是测量类星体的光度闪烁。如果 A 和 B 是由同一个类星体产生的像，则它们就应当以同样的方式闪烁，但是，它们闪烁的时间是有一定差别的，即当一个变亮时，另一个要过一段时间后才变亮。这是因为形成 A 和 B 的光线在宇宙中经过了略微不同的距离，从而经历了不同的时间。测出这种不同路途之间的时间差别，就可以推算宇宙的半径了。

观测宇宙半径当然很困难，因为它太大了。观测中子星的半径一样很困难，因为它太小了。这个测量也是在 1980 年首次有了结果。

1979 年 3 月 5 日，一次历时只有 1 / 8 秒的 γ 射线爆发被许多宇宙飞行器观测到了。由于这些观测卫星分布在很广的空间范围，有的在地球附近，有的在金星附近，有的绕太阳旋转，所以，用三角测量法就可以比较准确地判定爆发来自大麦哲伦云中的超新星遗迹 N49。γ 射线爆发在以前也观测到过，但从来没有找到它们的位置与哪些天体重合。这是第一次认识到 γ 射线爆发和超新星遗迹相联系，它们可能就是中子星活动的结果。

重要的是，在超新星遗迹的γ射线能谱中发现了一条位于420千电子伏特处的谱线，它似乎是由电子及正电子湮没引起的。可是，正常的湮没谱线应位于511千电子伏特。420和511之间的差别应当是由引力红移引起的。如果星体的质量与太阳差不多，则就可以由此推定星体的半径大约为10公里。可以说，这是第一次用观测直接定出了中子星的大小。

这次爆发可能是中子星的星震（即星球上的“地震”）。它在很短的时间里可以释放出 10^{44} 尔格的能量。它不但会发射 γ 射线，还会发射引力波。甚至在一段时间里引力辐射是它的主要的损耗能量的方式。用这种观点来计算，由星震引起的星体振动的阻尼时间大约是数分之一秒，这与观测到的 γ 射线爆发的持续时间完全吻合。总之，通过这个大爆发， γ 射线天文学给广义相对论的中子星模型和引力波理论都带来了新的支持。

相反，X 射线天文学却给中子星模型带来了“忧虑”，这就是关于中子星表面温度测量的结果。

中子星是在天体引力坍缩过程中产生的，刚刚形成时它的温度很高。这时中子星主要通过发射中微子而逐渐降低温度。由中微子的反应规律可以计算中子星的冷却过程，结果得到，在开始阶段中子星冷却很快，而当温度下降到2×10^6度之后，冷却速度应当变慢。也就是说，一般射电脉冲星的表面温度应不低于10^6度。但是，观测结果是，在已经被测量的几颗脉冲星上，表面温度几乎一致地小于或不高于10^6度。这是为什么？没有成熟的答案。有人说这可能是由于中子星中有相变，即中子星中的物质并不简单地就是聚集在一起的中子，而可能是以不同特性的状态存在着。例如，它可能具有超导性质，可能具有超流性质，也可能根本已不是普通的

中子，而变成反常的中子，或者夸克。说法很多，但似乎还没有一种明显地占据上风。

这些 X 射线的测量都是由爱因斯坦天文台完成的。它是美国在 1978 年 11 月发射的第二个高能天文卫星。它使 X 射线波段的观测精度大大提高，因为它具有更好的聚焦能力，更长时间的定向能力，及更高的角分辨率等等。

这个高灵敏的空间天文台使 X 射线天文学的研究范围大大扩展了，不仅强的 X 射线源是 X 射线天文学的研究对象，而且一般恒星的 X 射线发射，也是它的探测对象。在以前，除了太阳以外，我们不可能观测其他的“常规”恒星的 X 射线发射，因为没有足够好的探测手段。现在，用爱因斯坦天文台几乎可以观测到各种“常规”类型的恒星的 X 射线。

恒星的 X 射线主要是由高温的星冕（相当于太阳的日冕）发射的。星冕的高温是靠星体对它的不断加热来维持的，所以，从恒星的发光和传热的性质，从各种加热过程的性质，我们就可以估计各种类型的恒星的 X 射线发射强度。结果发现，这些理论估计与观测很不相符。

一般地说，恒星中的对流传热或传能过程会引起各种波动。正是这种波动再使星冕加热。所以，只有存在较强的对流传热的恒星才可能具有较强的 X 射线发射。G、F 及 A 型星就属于这种恒星。如果考虑到紫外光的加热作用，则预期在 O 及 B 型周围也会有高温的星冕发射 X 射线。但是，出人意外的是爱因斯坦天文台竟测到了 K、M 等矮星的 X 射线发射。矮星的观测结果比理论预期值要大 100 万倍以上。

恒星结构理论是天体物理学中最成功的一项理论，它是基于大量光学

天文学的观测结果而建立起来的，经过几十年的发展，今天已经成为天体物理的经典理论。可是上述的观测结果给这个理论出了难题。在 X 射线天文学中所发现的理论与观测之间的背离，已经迫使人们重新去考虑，基于光学天文学建立起来的恒星大气及恒星结构理论，是不是要做重大的修正，这会不会给标准的星星演化学说带来什么戏剧性的变化呢？对于这个 80 年代一开始就闯进天体物理的重大问题，人们在注目着。

（原载于《百科知识》1981 年第 7 期，7 月 7 日）

(返回目录)

访日通信一则

老尤：

到京都已五天，一切正常。京都是西安的复制，故街道布局很容易熟习。虽不懂日文，但生活并无困难，因汉字到处有，一目了然。讨厌的是经常被当作日本人，点头哈腰向我说“倭话”的人常有，结果不知所云。所以，有时索性穿上毛服，招摇过市，以示区别。

访问日本，与访问其他国家不同，到此后，有一种祖先感，至少在文化上和精神上似乎感到自己是这里的祖先，日本复制的中国文明实在太多了，甚至可以说，他们就是在中国文明的养育下，才成为文明民族的。有趣的是，你会发现，日本当年在引进中华文化时，大概是“凡大唐的东西就好”的。比如，商店的字号一般都是中文，其中有的用“大仙”，“王将”，“道乐”等褒义词的，同时，也有用“山贼”，“南蛮”以至“倭寇”等贬义词。这些字，用恭正的楷书写在店面的匾额上，我们看起来，是啼笑皆非的。可以想见，在大唐时代，即使用中文骂他们，他们也乐滋滋地认为这是在教他们呢！这种态度，似很好笑，但何尝不可敬？这种学习精神，比起“取其精华，去其糟粕”的学习论，似乎太不精当。但中国在吸收现代西方文明中，可能正是“精当”有余了。

佛事迷信在日本之盛，完全出乎我的意料。不要说神社中，就是沿街都有不少佛龛，供奉甚佳，是可以供养不少白毛女的。上个月我曾陪惠勒去参观雍和宫，那是北京香火最盛的佛教寺院，其中有不少善男信女，但其数量与日本比较起来，可能要差两个量级，更重要的是人的神情表现十

分不同。中国人的特点是看破红尘，即并不真信什么，包括信佛在内。且不说那些穿着真袈裟的假和尚，就是那些确有心事而求签许愿的人，也多是把信佛作为一种手段或工具，事过之后，也不免来一句：“去你妈的！”华严宗的名句“心无明镜台”，体会起来也许就是上边俚语的雅释。

日本寺院中的空气则全然不同了，很难用笔墨来形容，当你看到日本人，特别是日本妇女那种柔婉的下跪，那种命定的神色，那种求祈的眼光，你才懂得什么叫笃信天命，什么叫虔诚。在西洋教堂里，基调是崇高和神圣，在东洋寺庙中则是崇拜和命定。日本民族的许多固有特征，更容易从日本妇女身上看到。因为，她们较少与外界接触，所以，从服装，举止，到精神境界更多地保持原状。日本妇女的许多方面同中国妇女是十分不同的。或者，反过来说，中国妇女与日本妇女比较起来，差不多个个都是可以称为孙二娘的。孙二娘之比，或许不高雅，其实比作林黛玉也可以，后者的表现形式虽与前者十分不同，但她们之间存在着一种共性，这正是日本妇女所没有的。

看到日本的这些方面，无论如何使你想不通；有这些表现的社会，怎么居然也现代化了呢？甚至已经是“世界第一”的现代化？

这使我产生一种“怪”思想。你看，坚持自由经济的美国现代化了；坚持社会民主主义的北欧，现代化了；坚持土豆烧牛肉的苏联，至少是一大强国；坚持懒散的意大利，也上去了；坚持保留传统形式的日本，也现代化了。似乎现代化是谁也逃不脱的“瘟疫”，极容易感染上。不管你坚持这种主义，还是那种主义，都免不了现代化。然而，独有中国却能屹立于这种世界性“瘟疫”之外，30 年一尘不染于现代化，想起来也真是十

分难得、十分不简单的事。

这些话决不是讽刺，更不是骂中国。而是觉得中国这个民族确有非常独特的东西。这些东西可能是缺点，也可能是优点，既值得骂，也值得痛骂之后去爱。鲁迅说，他写阿 Q 正传等作品时的那种恨极之后的爱，爱极之后的恨，是在旅居日本时萌发的。我现在也在日本。也许上述种种是对鲁迅所说的一种体验。

再谈，有空来信。

祝好！

1981 年 11 月 9 日

（返回目录）

游岚山后记

岚山是京都最美的风景胜地。春天的樱花，秋天的枫叶，渡月桥前，大堰川上，清极的河水，秀极的山色，静极的空气，素极的浮云，使你感到宛如置身在桐庐的富春江畔，忘却这里是异国了。只有偶尔沿河而上的海鸥才提醒你，这不是故土，而是在他乡的岛上。

我来京都快 20 天了，一直没有机会去看这个久已向往的地方。的确，它是值得向往的。你看，周总理一生极少写过忘情于山川的诗句，然而，其中的一首却是：

雨中的岚山，

渡月的流水，

……

那还是总理的青年时代，多事的 1919 年中的又一桩值得怀念的事了。因此，这个岚山，对于中国人来说，更富有一番历史的情味。

可是，日本朋友却一直没有带我到这里来。是因为没有时间吗？不，他们曾有时间带我去过许多地方。是因为他们不知道那种对中国人的特有的历史情味吗？不，总理的诗曾在日本广为介绍过。到底为什么呢？

今天，1981 年的 11 月 22 日，日本的劳动感谢日（即劳动节）的前夕，我独自一人来岚山了。为了游玩，也为了寻求答案。

1981 年，似乎远不像 1919 年那样，是多事的年代了。不过，我游岚山之后的心境却完全没有总理当年那种怡然于大自然之中的平静。是因为岚山不美吗？不，岚山的确是异常秀美的。然而，就在这秀美之中，却有

一个令人不能平静的地方——岚山美术馆。它并不像它的名称那样，是一个以岚山为背景的美术展览馆，相反，它是一个杀机咄咄的太平洋战争展览。我去参观了。

开始一部分，是武器，即当年日军用的三八式步枪、九一式榴弹炮、轻型坦克、零式战斗机、海龙式鱼雷（即一种由活人驾驶的自杀式鱼雷）等等。看到这些东西，不免是不快的，因为它立即使你想起“东亚共荣”的年代。但自己在这里是客人，应尽量地“客观”地想想主人。展览这些东西似还是可以的。因为，武器本身并不是战争，作为一种武器史，搜集和研究，还算史家份内的事。

次之，就看到“镇魂碑”，那是祭奠太平洋战争中战死的官兵的，在其周围有些“××联队全体玉碎”之类的事迹介绍。在这种香烟缭绕的祭坛之前，心中的恶感已是不可抑制的了。但若仍然尽量“客观”地想想，对于死者的亲友来说，若仅仅从人伦的观念去怀想一下这些故者，哪怕他们身具劣迹，似也不是绝对不可理解的。

然而，在第三部分看到的，则是绝对不可理解的了。那里有百余幅巨型战争照片，其题目是：

“日军在卢沟桥前线”

“××部进入丰台”

“北平东长安街之入城式”

“横渡在黄河上”

“行军于上海郊区”

“在南昌的泥泞中挺进”

“突入京汉铁路”

“占领虎门要塞”

“登陆于酷热的潮州”

“日军攻入海南岛”

……

而且，就在这些照片的旁边，竟用红字写着一条标语：

“我爱祖国——日本军友会”

我再不能像客人那样忍耐，那样“客观”地尊重主人了。我气愤极了。当时，如果我手中有炸弹，盛怒之中，我必定会把这个展览厅炸掉的。我气愤极了，我要发泄我的气愤。这个展厅是不让随便照相的，然而，为了抗议，也为了永久记住这个地方，管他什么倭规定，我照了所有我想照的一切。

我想，任何一个中国人，处在此时此地，都会赞同我这样做的。当然，中国人中也有例外，在展品中有一幅唯一的“东亚和平”旗，就是江西南昌一个姓胡的维持会长送给日本军曹的，他的名字也被我照了下来。

值得深思的是，虽然在太平洋战争的初期日军不仅在中国，而且在许多其他地方也打过胜仗，但是，这组图片中却只有在中国作战的部分。例如，居然没有珍珠港偷袭成功的图片。这一点反映着在日本的某些人中潜在着一种对二次世界大战的分析和估计：日本发动对美国的战争，是战略上的错误，而打中国则是“正确”的决策！？

这个展览的用意，在它的结束语中说明了，这就是：“太平洋战争日本虽然失败了，但 30 年后的今天怀想起日军的赫赫战功和不朽的大和魂

精神，仍是令人（！？）激动不已的，现在的青年（指日本青年）中流行着享乐的风气，应当用大和魂的精神去振作他们。”

在从岚山回来的路上，火车高速地穿行在晚秋的京都平原上。这时，我已无心再去领略车窗外的景色了。我看到的是一片片矮小的，但却饰满鲜花的日式村舍，我想到的则是在晚秋的北京平原上一排排豁亮的，但却围满玉米秸的土房。我不由的感到，中国人的心地是太善良了。对内，哪怕暴君的稍稍一点假笑，他们就往往会相信是真的；对外，那怕强权的稍稍一点伪善，他们也往往会相信是真的。

总理青年时代的诗，似乎就是中国人这种善良性格的一种表现。的确，岚山是美的，“渡月”，“大堰”这一切又多么富有中国情调，它太容易使任何心地善良的人忘情于其中了，然而那时的岚山已有对中国的杀机。

战后，日本应当赔偿给中国的上千亿的费用，是总理同意一笔勾销的，总理是正确的，这又是中国人的善良性格的一次表现。不过，我们不能因这种善良的本性，而被假笑和伪善一再地欺骗了。

就在岚山美术馆的隔河对岸，有一块很大的石碑，非常工整地写着五个大字：日中不再战。碑的背后记述着从日清战争（即甲午战争）以来的中日之间的不幸历史。我相信，有不少正直的日本朋友是真心这样想，真心这样做的。我的一些朋友之所以没有带我到这里来，或许就是因为在这隔河相对的矛盾里他们有难言的隐衷。因为，我知道，京都大学一直是日本的一个反战中心，战前如此，战后如此，今天还如此。

是不是也有以“不再战”来做伪善的人呢？我想也是肯定的。特别是，今天的时代，以战争求殖民多少已过时了，侵略已改变了形式。所以，当

听到某些“同文同种”、“相互提携”的宣传时，应当想一想它的内面。

一位日本朋友向我说了几句心里的话。一则因为这位朋友是女性，较深地感受到大和魂的内面，再则因为她就职于美国，可以坦率地向我说一些内面。他说：“日本内部的一些传统并不是那么和善的。如果你是个日本人，被别人看到你因不懂而事情做得不好，就要受到训斥。”因此，她特别建议我：“在街上不要说日文，因为你的样子与日本人没有什么区别，如果再说一两句日文，就会被误认为是日本人，那你就可能在街上因不懂而挨训。索性一字不说，让别人感到你是个纯粹的外国人，这才会表现出谦和。”

“表现出谦和”，那么内涵呢？游岚山之后我有些懂了。岚山是美的，岚山也有一股杀机。

1981 年 11 月 22 日

于京都北白川学舍

补记

11 月 27 日去广岛，目的就是为了看第一颗原子弹轰炸的历史。在爆炸的中心点附近，现在是一个和平纪念公园，其中留有一座当时唯一没有倒塌的楼房残架以及一个和平纪念数据馆。

数据馆的布置很精心，复显了炸后的惨状。有实物、有图片、有模型，还配有日、法及中文的几种录音解说。事件是惊心动魄的，6,000^{o}C 的高温，9,000 米高的尘柱（整个城市的直径不过 6,000 米）、强大的高压、跟着是负压，彻夜的大火、黑雨、大火引起的气旋风，26 万人的死亡，烧死、压死、辐射死，当即死亡的，相继死亡的，直到今天，即事件的 36

年之后，仍然有当事的人甚至后来生下来的人，既不能死亡又不能正常生活地受着折磨。此情此景，不能不使你同情，不能不使你觉得这样的杀人是一场失去人性的灾难。

许多性格活泼的美国人，在展览的结束处都沉默了，他们不能不把一些钱放到慰灵碑前的钱箱里。因为他们感到了内疚，这是美国在日本造成的一次不幸。35 年来，每年的 8 月 6 日都要在这里举行一次仪式，是国际性的，有许多西方的人来参加，一方面是祭奠亡灵，一方面是祈求和平。

然而，作为中国人的我，是不能接受解说词的最后一句的，它说：不能以战争的名义大规模杀人，这句话本身并不错，可是，不应当由某些日本人来说，特别是不能由他们对中国人来说。

广岛，从明治之后，就渐渐变成战争基地。它有日本濑户内海中的最大军港和军舰制造厂，又是日本海军指挥基地之一。而且，第一次把海军司令部从东京移到广岛，就是为了准备中日甲午海战的。因为这里距战区较近，被称为前进基地。以战争的名义杀人，特别是杀中国人，就是从这里开始的。这就是 1945 年 8 月 6 日之前的广岛的部分历史。所以，它的毁灭，用佛门的语言来说，是恶有恶报。

当然，许多无辜者在这场恶报中的遭际，是十分悲惨的。站在“狂风骤雨中的母与子”,“老师和小学生”等几尊充满人性爱的雕像面前，男人低下了头，女人含着泪花，这些无辜生命的最后挣扎，太惨了，是太惨了。

尽管如此，若称广岛是近百年战祸中的最大受难地，是最值得同情的地方，以致称它是和平的麦加、酷爱人道的圣地，我还是要坚决摇头的。因为，我刚刚看过重庆的在日本轰炸中闷死万人的防空洞的残迹，我也刚

刚看过南京中华门上至今触目的弹痕。中国才真正是近百年战争中的最大受难地，无论它的悲惨的程度或悲惨的数量。

然而，整个中国却没有一个和平纪念公园，没有一年一度的祭奠亡灵的国际大会，没有慰灵的长明灯，更没有长明灯前的钱箱。难道中国的亡灵就不需要祭慰，就不需要诉说他们在死于非命之前的悲惨的挣扎吗？我不知道，我有些茫然了。

也许，一个民族像一个人一样，最悲痛的，往往是既不哭、也不说的。也许，这又是中国这个民族的一种性格。她不愿意去诉说自己的命运，即使她的命运是最不幸的。她不愿意去讲述自己的悲惨，即使她处在悲惨的境地。她更羞于拿出募集的钱箱，因为，她觉得，哪怕是接受完全出于同情的帮助，似乎也无异于一种求乞。这些性格，是对，还是不对？我不知道，我有些茫然了。然而，无论对或不对，它似乎都将永存着，和这个民族一起永存着……

1981 年 11 月 28 日

(返回目录)

《惠勒演讲集:物理学和质朴性》编者的话

1981 年 10 月，惠勒教授夫妇应邀访问我国，前后在北京、合肥及上海等地讲学，并去西安、重庆、长江三峡、武汉、苏州以及广州等地参观揽胜。

惠勒教授说，他早就为中国的文明所倾倒。40 多年前，他和他的夫人刚刚认识时，赠给她的第一件礼品就是一对中国古瓷花瓶。这次他亲眼看到中国的文化和历史，给他的印象之深远远超过他的预计。在武则天的陵墓——乾陵游览时，当他知道，残留的 61 尊石像代表着当年参加葬仪的 61 个外国外邦的使节，不禁叹道：“当时美国在哪里啊！？”

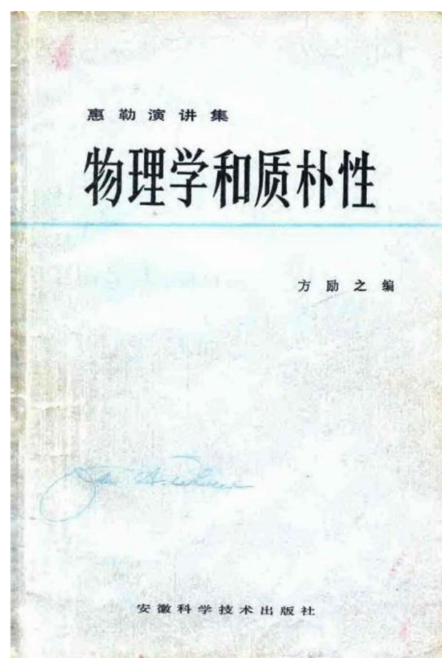


图 1 惠勒演讲集：物理学与质朴性[1]

惠勒说，他之所以敬佩中国的传统，不单在于她的长城箭垛、帝王陵寝、佛塔古寺等看不尽的物质上的历史陈迹，更在于中国许多伟大的思想家所留下的精神宝库。惠勒在每次演讲中，几乎都要提到 1937 年春玻尔对中国的访问，那次访问使玻尔发现他那时所倡导的并协性原理，竟然早在中国的古文明中就有它的先河，他认为“阴阳”图是并协性原理的一个最好标志（图 2）。

这一次，惠勒也亲自体验到了。一天晚上，我们一同观赏根据《封神演义》中的故事改编的舞剧《凤鸣岐山》，当我们告诉他智者姜子牙手中指挥一切的“無”字旗上的含义是“NOTHING”时，惠勒兴奋极了，一

定要记下“無”这个字样。原来，他近年正倡导着“质朴性原理”即物理学是从几乎一无所有达到几乎所有一切，没想到，这种科学哲学观，竟也在中国的古代思想中找到了它的前驱。



图 2 阴阳图

的确，世界是一个整体，人类的文明是一个整体，近代科学就是在这一整体中繁衍出来的。科学之所以有今天这样的功利，那是与赖之以生长的过去分不开的。历史不是什么也没有，历史中含有一切。这是惠勒在演讲中经常重复的一种观念。

惠勒教授的这一系列的演讲——物理学和质朴性，是专门为访问中国而准备的。特别是其中的第二讲，是在泛舟扬子的三天中才进行最后准备的。许多年轻的听众对惠勒所阐述的观点非常有兴趣。惠勒教授也非常乐于让更多的渴望探索自然的中国年轻人了解他提出的问题。这两方面的原因就构成了编辑这本演讲集的动机。也正因为如此，当惠勒在委托我们编辑这本演讲集时，也委托我们代他向更多的年轻朋友转达以下的话，这句话他曾在对中国科学技术大学学生的演讲中说过：“我想在你们中间会出现这样的人，他们的伟大发现将高过玻尔和爱因斯坦。物理学并没有结束，它正在开始！”

我们要特别表示对李政道教授和杨振宁教授的感谢。因为，惠勒访问我国正是通过他们的邀请和安排才得以实现的。

在编辑过程中，还得到张家铝、尤竣汉、王仁川等同志的协助，谨致谢意。

方励之

1981 年 l2 月

于中国科学技术大学

《惠勒演讲集:物理学和质朴性》(1982 年，安徽科学技术出版社)

编者注释

[1] 图 1 为编者所加

(返回目录)

从“万物原于水”到“时空是物质存在的形式”

在哲学和科学的发展上，有一个久已被注意到并且至今还在发生的现象，这就是：哲学不断地从它原来领有的范围中退出，而自然科学一个又一个地进入这些领域。

当希腊的泰勒斯和中国的管子在倡导“水是万物的本原”时，这个论题更多是哲学性的。随着有关物质结构的自然科学的发展，“水是不是万物之本原”逐渐成了纯属自然科学的课题。特别是，在发现水并不是物元，而是一种氢氧化合物之后，这个命题已自然地解消了。

这种一“退”一“进”的现象，当然是自然科学的进步造成的，对此无庸赘言。应当强调的是，这个现象也是哲学本身进步的结果。首先，泰勒斯和管子之后的哲学渐渐脱离了以物喻意的原初哲学形态，不再用水的流动来表达运动，不再用水的无定形来象征变化，不再用水的无孔不入来暗示联系，不再用水从天到地又从地到天的整个过程来隐喻循环或演化；而已直接用运动、变化、联系、循环或演化这些更富有哲学意味的概念去讨论万物的本原。新的更准确的概念的确立，旧的较含糊的概念的废弃，当然是哲学自然观上的一种进步。

其次，更重要的是，原初阶段之后的许多哲学家，渐渐离开“水是不是万物的本原”一类问题，“退”而去研究“有没有可能认识万物的本原？”“怎样才能认识万物的本原？”由 F·培根首先创建，并经霍布斯、洛克和贝克莱等推进的经验论的认识论，就是在这种“退一步”的研究中发展的。这种认识论和方法论在自然科学的形成中起过关键的作用。除了社会

的、生产的和技术的原因外，自然科学的兴起是和上述哲学的诱导分不开的。事实上，从思辨式的自然哲学进步到实证的自然科学；从以牛顿力学为标志的经典阶段进步到以相对论量子论所标志的现代阶段，都十分清楚地留有哲学作用的痕迹。所以，在这种意义上可以说，自然科学之所以会“进占”并解消“万物原于水”这类领域，正是由于哲学先就“退”而研究“是否可能”和“怎样才能”认识万物的本原而引起的。

再谈一个较晚近的例子。在康德的时代，宇宙的有限或无限仍是一种典型的哲学命题。有的更加具体，把宇宙空间的有限或无限作为哲学自然观的内容之一。尽管在康德之前，牛顿等就已试图用自然科学的眼光来探索宇宙空间的大小，但总的说，这一问题在那时似是半哲学半自然科学的。进到本世纪的现代宇宙学时期，哲学家陆续从这个问题上退出，“宇宙空间是否有限”也像“万物是否原于水”一样，变成了纯属自然科学研究的课题[1]。

这一变化的一个思想上的原因，也是来自哲学的召唤。从伽利略开始，确立了科学的实验方法和观测方法。伽利略的斜面和伽利略的天文望远镜，是这一开创的标志。然而，用这种方法能否认知我们不可直接接触或不可直接看到的东西，一开始是不清楚的。所以，直到上世纪，有人反对研究原子，理由是原子我们看不到；有人反对研究天体的化学成分，理由是我们取不到星体的物质样品；当然更有反对去研究宇宙空间的有限或无限的，理由是有限无限是宇宙的整体性质，而天文观测总是在局部范围中的。

促使自然科学家起而反对这些观点的根据之一，是一些正确的哲学观

念。这些观念告诉我们，事物是有联系的。这样，尽管人本身不能进入到原子或者粒子的内部去，但是，通过原子或者粒子在宏观仪器上的表现，我们仍可能认识这些微观粒子的内部构造。这是因为在微观性质和宏观实验表现二者之间存在着多方面的联系。类似地，尽管我们不能直接“看”到宇宙整体，但是，通过局部范围中的观测，我们仍可能逐步认识整体，因为整体性质和局部表现二者之间也存在着多方面的联系。

最后再谈一个更新的例子，这就是“时空是物质存在的形式”。这一命题，在今天的一些哲学教程上还是作为哲学自然观的标准内容之一的。看来，哲学也将要从这一领域中退出了。因为，在物理学中已经开始提出，时间可能并不是基本的物理量，就像水是由氢氧构成一样，时间可能是由更基本的量生成的次级量[2]。这有两方面的含义：一、物质的存在形式并不一定是时空；二、时间的基本性质在于它与更基本的量之间有怎样的定量关系，就像水的基本性质都决定于它的分子构造那样。相比于这些物理学的研究来说，“时空是物质存在的形式”这种陈述，已相当于“万物原于水”那种较含糊的原初形态，可能将被解消了。

物理学在时间问题上的这一“进”，同样是以某些哲学上的“退”为导因的。事实上，哲学中早已在讨论：什么叫“存在的形式”？“存在”以及“实在”一定要有形式吗？像前面两个例子一样，这些哲学探讨中并发出来的智慧直接地启发了自然科学。

总之，哲学的早已从“万物原于水”的退出；哲学的已经或正在从“宇宙空间有限或无限”的退出；哲学的可能将要从“时空是物质存在的形式”的退出；是哲学引导自然科学的一种结果，是哲学进步的一个真正的标志。

（原载《哲学研究》1982 年第 6 期）

作者注释

［1］有关这一问题的研究的最新进展，可以参见下列论文：《标准宇宙学中减速参量的确定》，方励之、江涛、胡佛兴、程富华，《物理学进展》，1983 年第 1 期。

［2］有关这一问题的物理论证，可参阅方励之编：《惠勒演讲集：物理学和质朴性》，安徽科技出版社， 1982 年版。

(返回目录)

教育与创造

在中国的旧有的教育中，“述而不作”是一条基本的原则，重已有知识的传授，轻创造能力的养成。今天大学的教学方式和教授内容虽已完全不同于旧有的了，但传统的影响在中国的大学里依然存在，甚至相当强地存在着。

例如，大学里有一种普遍的心理，学生唯恐学的内容少了，总是选课时最多的课程。教师则唯恐讲授的内容少了，“重头课”的必然标志就是课时多。至今，一些办大学的人仍然墨守以下的古典教育观：传道、授业、解惑是大学的全部业务活动内容。

由于中国目前不可能实行真正有效的教师推荐学生的体制，考核学业的唯一办法是考试，这就更强化了上述传统的影响。因为，再灵活的考题也必定限于“述”，掌握它并不主要在于探索和创新的能力。何况，现在各种考试都有限定的大纲，形形色色的考试指南（从很初级的到考出国研究生的）非常流行，更加深了缺乏创造性的弊病。

这种弊病虽然常常受到非议，但并无根本改变，甚至越演越烈，就因它是旧有传统和现行体制的一种必然。不是学生，也不是教师的责任。

这种问题，在东方国家中似乎是共同的。日本的入学考试竞争和中国一样，从小学就开始了。重学历而不重能力，有的日本公司在挑选雇员时，只注意是否考上过东京大学，甚至不问在大学中的学业情况。这和一些西方国家在挑选人时特别强调“潜能”是截然不同的。因此，东方的学生有一个共同的特征：考试能力强，独立精神弱；知识量不少，创造力较低。

如何改变这种状况，也是日本教育界常讨论的问题之一。

中国的问题还有它更严重的一面，这就是曾经长期把科研和教学强行分割开来，使大学中的研究创造气氛更弱。长期的分割使大多数教师没有进行科学研究的起码保证，许多人实际上已失去了创造能力，成了本门学科中的教书“匠”。教师的创造能力对学生的影响，是不能用加重课程的数量或加深课程的内容所代替得了的。

教育者本身必须是创造者，这种办学观是第二次世界大战之后才发展起来的。在战前，许多大学里也进行科学研究，但那时并未认识到科研是大学教师的基本职责之一，并未以能否进行研究作为选择教师的必要条件。所以，战前一代的西方大学教师里仍有不少教书“匠”，战后在第一流的大学中则不复存在。例如，在美国的物理系科中，教师用在教学和科研上的时间，战前平均分别为60%与15%，50年代中期则变为40%与30%，在一些著名大学中则有更大的变化。这个变化首先发生在德国和英语国家，随后波及法国、苏联及日本。

变化有两重含义：一是选择教师的标准变了，除了要求教师应有教学能力和行政经验外，还必须有研究本领；二是政府和社会与大学的关系变了，大学成为接受国家的或企业的科研投资的主要对象之一。大学的任务不仅是接纳新学生，而且要接纳和争取新的科研投资，二者对大学成之为大学是并重的。中国的大学教育改革曾效仿 50 年代的苏联，适值这两方面的变化波及苏联之前。

有一种观点，认为培养学生的创造力只是教学方法问题。“注意改进教学方法提高学生的创造性”，是一种流行的说法。它对于中小学教育可

能是正确的，但对大学则似是而非。因为，创造力本质上是“个人的”，它主要是由“独立的”途径获得的。教学本身，其出发点总是把学生放在非独立的地位上的。把中小学教育中的方法移用于大学，本身就反映出办大学的观念尚未超出传道、授业、解惑这种古典的框架。创造力所要求的“个性”和“独立性”，在原则上是和非独立的养成方法不兼容的。

当然，这并非说创造力的培养不需要教育过程，只是说，在大学教育的含义里，不能仅仅是“述”，即使是启发式的“述”，例如中国古已有之的“举一反三”也是不足的，而必须提供宜于养成独立创造力的条件和环境。什么是这种条件和环境？不同的教育学派有不同的观点。

剑桥和牛津非常重视学院制这种形式。每个学院由不同学科的教授和学生组成。这样，任何人如果对本科之外也有兴趣，通过相互接触就很容易得到鼓励和发展。相反，同样在剑桥，卡文迪许实验室就非常强调“单干”，并不经常地相互交流。据说是由于汤姆逊当年常常不肯买新仪器，以致造成卡文迪许的作风是每个人自己尽力用现有的设备去“试试”新想法。学生实验也有相应色彩，仪器往往不是“理想”的，避免给学生一种印象：现行书本上写的东西已经可以无懈可击地描述所有物理过程了。在这样的条件下，并不是教师有意去安排启发，而是许多“不完满”的结果就会被不期而遇，学生的创造力也就从中得到鼓励和发展。

尽管存在这些不同的派别，但有一点是一致的，即养成学生创造力的必要条件是教师本身在从事创造性的研究，即教师富有研究兴趣，教师也正在各种不期而遇的困境中摸索着。这是最根本的教育环境。只有在研究的环境里，学生才能真正看到为什么要创造，懂得什么叫创造，才能激起

创造的欲望，锻炼出创造的本领，生长出创造的信心。这些感染作用，也不是用课堂教育代替得了的。

剑桥大学每年只有 24 周上课，每周课时不超过 15 小时，每学年的总时数约相当于中国教育部颁发的物理系学时数的三分之一。像北大技术物理系 1981 年一年级每周上课 34 小时这种超重情况，更不能相比。这个巨大的数字差，并非因为中国的物理系学生的素质不如卡文迪许的英国学生，也不是因为剑桥的教授在课堂上有什么特别高明的讲课技巧。其原因之一，就是从传统到现实的办学观上的不相同。

中国还有一种流行的说法：教书是为公，科研是为私。像任何社会问题一样，道德问题总是存在的。然而，若把任何问题都与道德问题混淆在一起进行分析，往往都是有意无意地掩盖应当正视的问题，这种经验已经有过不少了。大学教师应该而且必须进行科学研究，应该而且必须保证他们起码的研究条件，这一点不是一个道德好恶问题。

西方的教育界，目前担心他们的“述”、“作”并重的体制会受到威胁。特别是英国，近一两年来大学的科研条件变坏，由于经济不景气，教育及科研经费都有减缩，非永久性的研究雇员被裁减。在日本及法国，仍然是国家的研究所比高等学校的经费多，大学的研究在争取更平等的地位。不过，大学和研究所的差别远没有像中国那样悬殊。没有研究就没有大学，也就没有高质量学生这种观念，在中国实际上还相当淡薄。

由于多种因素的相互制约，中国的大学教育中这些积弊还不可能很快地消除。科研投资比例上的调整，教师组成上的改变，创造气氛的形成，都不是短期就能做到的事。但是，至少应当承认这种教育工作中的失败，

一部分是由于过去的以至现在的政策造成的，至少在办学观上应当及时地看到什么是早已陈旧的东西，什么是应当汲取的新原则。

（原载《自然辩证法通讯》1982 年第 5 期，与邓棠波合作）

（返回目录）

给中国自然辩证法研究会的一封信

中国自然辩证法研究会：

10 月 18 日关于召开理事会的通知收到了，因我本学期有课在身，所以，12 月的会议估计不能去参加了，见谅！

我虽是研究会的理事，但至今还没有参加过一次大会或理事会，甚为有愧，因此。想借此机会谈一点看法，以补“失职”之过。

我们这个组织既名为研究会，当然是因为自然辩证法是一门学科，是一门像其他学科一样可以研究、可以发展的领域。不过，现实的情况是，许多做自然科学的人，对这门学科都多多少少有一点疏远。现在大学生、研究生都有自然辩证法课，而且是必修的，但许多学生也只是为取得学分，而不得不去听。

为什么有这种现象？似乎并不是做自然科学或学自然科学的人对科学的哲学没有兴趣，相反，业余看看这类书的人，是不太少的。对自然辩证法的“敬而远之”，我觉得主要是由于现今自然辩证法中的“老”、“爷”气。

第一是“爷”气。现在对知识分子的“团结、教育、改造”口号不提了，他们甩掉了一个政治上的包袱。做自然科学的知识分子，涉及精神领域，似乎还希望甩掉一个精神上的包袱，这就是所谓用自然辩证法来指导他们的专业工作。当然，任何工作总有它的指导。我的意思是，自然科学工作者，在自己的研究工作中，不仅在技术问题上、学术思想上是主人；而且在方法上、自然观上和科学哲学观念上也是主人。相邻学科之间的影

响总是存在的，但是不需要“爷”式的“团结、教育、改造”。

第二就是“老”气，老气横秋，一成不变。现在的自然辩证法课，有统一的大纲、统一的教材。既然是一门学科，而且是在发展中的学科，为什么不提倡多种风格的讲授方法和讲授内容呢？我在自己的物理教学工作中有这样的经验：在有的科学问题上，为了使学生能更清楚它的含义，很需要谈一谈科学哲学性的问题（方法论的、认识论的等等）。但是，现在的自然辩证法课似乎还做不到这一点。相反，我们有时却要去清除一些学生来自自然辩证法课的过时的、陈旧的观念。

我们常常说，自然辩证法工作，要靠包括自然科学工作者在内的联盟，既然是联盟，就应当是平等的，而不是统战的。这样，似可提一个建议，即做自然科学的人也有权给学生上自然辩证法课，有权决定课程的内容选择和教授方法。我之所以强调“有权”，因为目前情况并非全如此。

总之，自然辩证法若能改变一点它的“老爷”科学的形象，就好了。

以上意见，只是个人的感想，可能是不对的，或全都是错的，并不希望很快被接受，只希望能得到反映，能得到非“老爷”式的看待。

顺致

敬礼

方励之

1982 年 10 月 27 日

(返回目录)

“我不能做副校长……”

——接受《科学学与科学技术管理》特约记者勇牵采访[1]

去年春天，我曾约方励之[2]同志谈谈对于科学技术管理方面的见解，当时，他刚从日本回来，急于回合肥汇报工作，没有谈成。此后，几次拜访均未得见。仲夏[3]的一天傍晚，方励之夫妇突然来我家辞行，这时，暑假已经结束，八月底他们将赴沪参加国际学术会议[4]，然后回合肥任课，再回北京要等到寒假了。我不能再放过这个机会，就拉住他攀谈起来。

“我不能做副校长……”

为了缓解那种“紧逼盯人”的局面，我半开玩笑地向方励之拱拱手说，“听说你要荣任副校长[5]，可喜可贺！”

方励之笑了笑，但没有立即做出反应。他边思索边说：我们本不该谈论这件事，安排一个人的工作应该由组织和领导决定。假如有这种事，应该说，我实在不适合担当这种职务。

“为什么？”我问。

方励之说，既然你感兴趣，我们不妨从这个假设出发来做一番探讨。

“对于我们的科学学来说，这是一个学术问题。探讨学术问题，应该允许运用假设的方法。”

方励之说，好，我来说。首先，科学研究工作和组织领导工作（你们叫做管理）是两种性质不同的工作。广义来说，从事科学技术管理工作的专门人才也是科学家，但那是与我们不同的科学家。现在，人们不会轻易

让一个管理方面的专家来做具体的课题研究，为什么却让正有效地从事科学研究的人去当管理干部呢？当然，这样做可能也有一些理由，但理由并不充分，弄得不当，是一种损耗很大的能量转换。

“可是，你早就领导着科技大学天体物理研究室[6]呀！”

方励之说，这正是我要说的第二点，一个研究室的领导工作和一个学校的领导工作是两回事。我做研究室主任，关心的是本学科的发展动向和我们的研究工作，要做的事情不外是开题、选人和为自己室里的同志开路。开题有两种情况，一种是我提出某个课题，建议一个同志或几个同志去做；一种是其他同志提出课题，我给予判断，看值得做和可不可能做。用人与开题相关，用其所长，避其所短。对于年轻同志，有时偏要用其所短，那是为了逼他迎头赶上，也是用其所长——用其年轻、精力旺盛。不过，对刚参加研究工作的年轻同志，应该先交给他一个短时间内可以做出成果的题目，从中培养信心和兴趣。用人还要善于布点，让室里的同志各据一方，各个点上的工作一旦搭联起来，就可能会在本学科领域中逐步形成一些系统性的观点。所谓开路，包括提供学习深造的机会、放出去进行学术交流以及向外推荐论文或学术著作。

“你怎么不说抓钱呢？”

方励之笑了。他说，我们研究室的工作是在科学院挂了号的，每年有固定经费，不用太操心抓钱。再则，我们做理论工作所需的经费并不多，只要有计算费，数据费等就够了。你看，这个主任的工作和我的研究工作是密切相关的，我知道该做什么和怎样去做，做副校长那就是另一回事了。我的一个大学同学侯德彭，不久前做了广西大学校长，他告诉我，不但要

管教学科研，还要管提职提级，评工资、分房子、上下应酬等等。对于这些，我是望而却步的。

“你谈的是一般性的问题，就你个人来说，总还有自己的原因吧？”

方励之说，那当然。第一，我觉得我还可以在本学科的研究工作中有所作为。如果从 70 年代初到今天，以每年论文数量对时间划一条曲线的话，这条曲线一直是上升的，至今还没有下降。第二，刚刚讲用人时说过布点。我们布下的点，正在开始联成片，面临着新的发展，决不是离开的时候。第三，据我看，现在做领导工作的人，难逃“关系之网”。我最不会搞关系，怎么干得了。第四，再做一个假设，即使我去干，能有所作为吗？譬如说，在不少高等学校中有一个人所共知的问题，那就是教师队伍庞大，但能开课的和能设计并排出教学实验的人却不多，也就是说，有些人是不称职的。我能解决这个问题吗？……

“这些问题当然难以从局部上解决。”我说。

方励之说，我说的不无道理吧？

“不能脱离现代科技的整体”

我的一句玩笑，引来一篇议论，这是我不会料到的。我说：“请你谈谈基础科学和应用科学的关系吧，不然又没有时间谈了。”

方励之说，我们应该把科学技术看作复杂的社会系统的一个组成部分。人类社会赖以生存的基本条件是物质生活资料的生产，作为这个复杂系统的组成部分的科学技术当然应该为发展社会生产服务。从根本上来说，科学和技术的发展总归会在社会生产中发挥作用的。与此同时，我们

还应该把科学技术看作一个系统，把基础科学和应用科学放在科学技术这个系统中来考察，而不能把它们从系统中孤立出来，奢谈二者的关系。黑格尔说："譬如一只手，如果从身上卸下来，名虽可叫做手，实已不是手了。"同样的道理，脱离开现代科学技术的整体，基础与应用又从何谈起呢？

方励之说，科学技术的发展是由多方面的相互配合的研究工作来推动的，它是一个体系。某一领域或某一学科的重大成就，会在这个体系上引起一连串的反响，影响科学技术发展的全局。另一方面，某一领域或某一学科所取得的成就，又是由于科学技术整个体系中各部分间相互作用、相互反馈的结果。如果仅仅看到某项重大成就对全局发生影响的一面，而看不到整体对于局部制约的一面，以为只要抓住重点就可以带动全局，结果反而会丢了重点也丢了全局。譬如说，曾设想建设一个高能加速器来带动应用科学。由于高能加速器的研究涉及到许多学科，要求的技术很高，在一定条件下确实能够起这种作用。问题是我们现在不具备这些必要的条件，加速器不可能带动我国科学技术发展的全局。也不能反过来指望由某项应用科学来带动全局，那同样是不行的。

"难道没有轻重缓急之分吗？"我插问。

方励之说，只有从系统的整体性出发，才能正确地认定轻重缓急，弄清轻重缓急间应有的比例。

"不能这样对比……"

"这就涉及到一个具体问题了。在我国现在的情况之下，应该多一些

人学基础科学，还是多一些人学应用科学呢？”

方励之说，你的问题可以说成理工科的比例吧。正如前面所说，社会要求科学技术为经济发展服务，我们要求为社会主义现代化建设培养人才，所以，理科学生招多少、工科学生招多少，应该从社会的实际需要出发。当然，抽象来谈论这个原则是很容易的，实际制订这样的计划却十分困难。应该承认其中的困难，逐步做好计划工作。我不掌握具体数据。无从判断，难以具体地说出哪个多哪个少来。

去年，有人写文章说，我们的大学生学物理的比例，比美国大得多，因而号召青年不要报考物理。我不赞成这种说法。美国大学生学物理的少不少呢？不少。他们的大学不分专业，甚至是不分系的，学物理的可能比中国还多。在他们的研究生中，念物理的确实少，这是由就业机会决定的。用他们研究生的情况与我们的大学生相比，这是不科学的。再者，美国人所说的物理往往是指纯物理，我们说的物理则包括了应用物理。如激光、半导体、无线电……等专业，他们大都不放在物理系科中，我们却仍要算物理系科。你看，两个数字统计的对象不同，概念的内涵也不同，不能这样对比。硬要放在一块来对比，也是不能得出正确结论的。

在送别方励之夫妇时，我说：“您今天谈的三个问题很有启发意义。我代表科学学杂志社谢谢你们。”

“再见！谢谢。”方励之同志与我握别。

（原载《科学学与科学技术管理》1983 年 4 月）

编者注释

[1] 本文节录于勇牵著的《“我不能做副校长……”——访中国科学院学部

委员方励之教授》

[2] 1977 年 9 月 27 日安徽省革委会教育局批准中国科学技术大学龚升、黄茂光、杨衍明、曾肯成、吴杭生、项志遴、方励之晋升为教授。方励之 1981 年当选为中国科学院数理学部学部委员，1989 年被撤消学部委员称号。

[3] 仲夏指夏天的第二个时段，一般为农历五月。1982 年农历润四月，所以仲夏到了阳历 7 月下旬。据本文说，到了“暑假结束”。一般大学教师的暑假结束时间当在八月中下旬。1982 年此时当为季夏。

[4] 这是指在上海召开的第三次格罗斯曼广义相对论会议。按照中国科协的纪录，1982 年 8 月 30 日～ 9 月 3 日在上海召开的第三届格罗斯曼（The 3rd Marcel Grossmann，简称 MG3）广义相对论会议，是“在中国举行的第一次真正的大型国际学术会议”。会议主席周培源，具体学术组织由罗马大学鲁菲尼与中国科学技术大学方励之负责。该会议的详细情况见第五卷《挤开国门的时代（三）——第一次真正的大型国际学术会议》。

[5] 据中国科学技术大学档案馆的《大事记》（网络版），1984 年 9 月 7 日，中国科学院决定管惟炎为中国科学技术大学代校长，方励之、龚昇、包忠谋、辛厚文为中国科学技术大学副校长（任期五年）。1985 年 4 月 9 日中国科学院再下文，管惟炎为中国科学技术大学校长。

[6] 1978 年 3 月 15 日，中国科学技术大学称近期成立天体物理研究室。1978 年 3 月 18～31 日中国科学技术大学党委书记、副校长武汝扬、副校长钱志道和方励之、伍小平、钱临照、杨承宗、杨纪珂参加全国科学大会。天体物理研究室获得先进集体奖。

（返回目录）

做和谐发展的人



·帮你学·

做和谐发展的人

中国科技大学教授
方励之

编辑朋友来信说，现在连初中学生中也有“重理轻文”的现象。有些同学准备将来学科学技术，就认为语文课学好学坏没有关系。因此，编辑朋友要我写一篇短文章，说说学习和研究自然科学的人也应当有扎实的语文基础。我认为这的确是一个十分重要的问题。

我早就听说，一些想学“理”的学生，整天就是做数理化的题，什么语文、历史、地理，因为不属于理科，也就不花气力去学了，甚至连报纸也“没有时间”去看。这种风气不好，当然，责任并不在同学们，不过，每个人都有责任想一想，这样发展下去，我们怎么能有建设现代文明的下一代呢？

图 1　1983 年第 5 期《中学生》原文

编辑朋友来信说，现在连初中学生中也有“重理轻文”的现象。有些同学准备将来学科学技术，就认为语文课学好学坏没有关系。因此，编辑朋友要我写一篇短文章，说说学习和研究自然科学的人也应当有扎实的语文基础。我认为这的确是一个十分重要的问题。

我早就听说，一些想学“理”的学生，整天就是做数理化的题，什么语文、历史、地理，因为不属于理科，也就不花气力去学了，甚至连报纸也“没有时间”去看。这种风气不好，当然，责任并不在同学们，不过，每个人都有责任想一想，这样发展下去，我们怎么能有建设现代文明的下一代呢？

人类的知识和文明是一个整体，它包括张衡、祖冲之、门捷列夫、居里等人的贡献，也包括曹雪芹，鲁迅、莎士比亚、托尔斯泰等人的贡献。一个人，如果没有比较全面的知识素养，就不算一个文化上的自由人，而

一个文明的社会，首先就需要生活在其中的人是文明的。退一步说，学科学技术的人，也要阅读书籍、交流看法，也要辩论，也要写文章、著书立说，至少也要思考……所有这些都离不开语言和文字。所以，立志学理的同学，也要学好语文，把知识的根底打得全面而深厚，才不会造成以后学习科学技术的困难。

重理轻文，还有更大的害处。喜欢自然科学的同学大概都知道爱因斯坦吧，下面我抄一段他的话：

“用专业知识教育人是不够的，通过专业教育，他可以成为一种有用的机器，但是不能成为一个和谐发展的人。要使学生对价值有所理解，并且产生热烈的感情，那是最基本的。他必须获得对美和道德上的善有鲜明的辨别力。否则，他——连同他的专业知识——就更像一只受过很好训练的狗，而不像一个和谐发展的人。”

我很赞成爱因斯坦的这个观点。一个人不能仅仅懂得数理化，那样最多只能成为一个有用的机器，一颗螺丝钉，一件受过很好训练的工具。那样的机器和工具就是很多，社会也不一定会有真正的进步。学习和研究自然科学的人不仅是物质文明的创造者，而且也是创造精神文明的主人。这就需要做和谐发展的人，也就是我们现在常说的，做一个德、智、体全面发展的人。

总之，做人，而不做机器和工具，这就是每个向往科学的人，从中学时代起就应有的追求。

原载 1983 年《中学生》第 5 期

(返回目录)

从不存在中认识存在

新闻界和学术界的价值标准有时很不相同，甚至是相反的。

在报纸上不时会看到这样的消息：×月×日发现太阳上出现耀斑。显然，它被认为是有新闻价值的事件。但是，从学术角度看，这种事件的价值平平。因为，仅就太阳耀斑的发现来说，已没有多少特别的意义，除非在这个耀斑上观测到新的特征。

在报纸上很少看到、或根本看不到下列的报导：未发现××、不存在××。因为，“未发现”、“不存在”意思就是没有看到新东西，当然也就不成其为新闻。然而，用学术标准来衡量，则证实不存在往往和证实存在具有同等重要的意义。“发现”或“存在”可以构成研究的起始点；“未发现”或“不存在”同样也可以构成研究的基础。因为，“未发现”本身也是一种发现，“不存在”本身也是一种存在，尽管它们可能是缺乏新闻价值的。

以“不存在”、“未发现”作为出发点的研究方法，在物理学中由来已久了。许多最基本的物理学原理，都是建立在“不存在”的基础上的。爱因斯坦曾说：“整个热力学实际上仅仅是系统地回答了这样一个问题：如果永动机是不存在的，那么自然规律应当是什么样？”对于爱因斯坦所发展的相对论，似乎也可以做完全类似的概括。因为，狭义相对论原理是由绝对速度不存在引申出来的；广义相对论则是基于未发现引力质量与惯性质量之间的差异。

今天的物理学中仍然有不少“不存在”问题。只是由于上述价值标准

上的不同，较少为人所知。因此，我想，介绍当今宇宙学中正在研究的几个“不存在”问题，讨论一下从不存在中认知存在的方法，或许是对流行的科学新闻的一个有意义的补充。

第一个问题：为什么不存在万有斥力或宇宙斥力？

自从牛顿建立万有引力定律之后，不断有人提出可能还存在万有斥力。其中康德就是一个早期的代表。他从他的哲学观提出“当物质分解成微粒时，它们之间的相互排斥表现在由排斥和吸引相互斗争所引起的那种运动中”，由此他假定宇宙间有万有引力，也有相应的斥力。他说：“这两种力都是同样确实、同样简单，而且也同样地基本和普遍。”康德进一步应用这两种力作为他的太阳系演化学说的力学基础，用以说明太阳系的旋转以及盘状结构是如何形成和发展的。

稍后，拉普拉斯指出，康德基于“排斥和吸引相互斗争”的哲学观做出的猜测是错误的。他证明，为了说明太阳系的形成，并不需要既有引力又有斥力，而只要有万有引力就可以了。因为，在这种引力作用的体系中，角动量是守恒的，这一点保证了旋转和盘状结构的形成。这样，康德的斥力说就被否定了。

19 世纪发现了水星近日点运动的反常。为了解释这个反常现象，提出过多种模型。建议在牛顿的引力场方程中加一代表斥力的项，就是其中之一。然而，广义相对论对这个反常给出了最令人满意的说明，并不需要任何额外的斥力因素。这种斥力说也被抛弃了。

紧跟着，爱因斯坦将广义相对论用于研究宇宙的整体结构时，又引进

了一个宇宙斥力项。因为，他发现，只有求助于斥力项才能求得静态的宇宙解。当时，爱因斯坦像大多数人一样，相信宇宙在大尺度上应当是静止的。1929 年哈勃发现，宇宙静止的信仰是不对的，宇宙在大尺度上并不静止，而是在膨胀。宇宙膨胀完全可以符合没有斥力项的爱因斯坦方程。这样，爱因斯坦引入的宇宙斥力项，就成了他的场方程中的一段“盲肠”。

斥力说一个个都衰落了。没有斥力，不存在斥力。现在知道，这个不存在的精度达到亿亿亿亿亿分之一(10^{-40})，比光子不存在静质量的精度还高得多。因此，不能认为这种不存在是偶然的，它一定是由更基本的原因造成的。

这个“不存在”问题，现今还没有成熟的答案。但是，一般相信，不存在斥力的原因是出于宇宙的创世期，即宇宙年龄小于 10^{-43} 秒的时代，它决定于那时的宇宙的量子状态。因而，斥力的不存在是认识引力的量子性质的一个有用的出发点。

第二个问题：为什么不存在宇宙的空间弯曲

欧几里得在他的几何学中使用了第五公设，即假定通过平面上不在给定直线上的一点，只能作一条平行于该直线的直线。牛顿在他的力学中也使用了第五公设，假定物理空间是遵从欧几里得几何的平直空间。19 世纪的高斯、黎曼证明，可以不用欧氏第五公设建立起新的几何学，即弯曲空间几何。20 世纪的爱因斯坦也证明，可以不用牛顿体系中的第五公设来建立一种新的更符合观测的力学，即几何动力学。也就是说，我们实际上是生活在弯曲的空间中，它并不遵从欧氏几何，其中的三角形三内角之

和并不总是等于 180 度。

这样，人们自然会问，就整个宇宙来说，空间的弯曲有多大呢？30 多年来，对此做了许多直接的测量和间接的推测。很遗憾，没有一致的结果。几乎一半的结果支持宇宙空间是属于三角形三内角之和大于 180 度的类型的；而另一半则认为它是属于小于 180 度的类型的。这种平分天下的现象，使敏感的人意识到，真正的情况可能正是两方的平均，即三内角之和等于 180 度，宇宙空间不存在弯曲！的确，如果回到宇宙的早期去考查，这种观点就更加令人信服了。因为，即使用现在相当分散的数据，也都表明早期宇宙的空间不存在弯曲，这一结论的精度高达 10^{-60} ，这可能是目前已知的一种最精确的“不存在”了。

为什么不存在弯曲？为什么宇宙空间在整体上是欧氏的，或非常近于欧氏的？这个问题对数学家是不陌生的。许多古代的学者都曾企图证明第五公设不是独立的，即要证明几何应当是欧氏的。但是，所有这些努力都失败了，因为几何并不必定是欧氏的。第五公设被一些数学家抛弃了，现在它似乎又被物理学拣了回来。现代宇宙学正在努力寻求证明：我们生活的宇宙，在大尺度上必定（或非常近于）是欧氏空间。

这个证明已经部分地完成了。它是与下一个不存在问题联系在一起的。

第三个问题：为什么不存在（或极少有）磁单极？

所谓磁单极，就是孤立的磁荷。电和磁之间有许多十分相似而又对称的性质。但是，自然界中有分别带正电荷或负电荷的粒子，像质子和电子，

却没有相应的带北磁荷或南磁荷的粒子。

这种不协调使许多人感到分裂的苦恼：从理论上，越来越认识到存在磁单极是合理的，必要的；而从实验上，却越来越证实不存在孤立的磁荷。狄拉克似乎可以作为患有这种“分裂症”的代表。一方面，早在 1931 年，他就强调只有存在磁荷才能满意地解释电荷量子化；另一方面，迟至 1981 年，他还说：“至今我是属于不相信磁单极的存在之列的。”

大统一理论的发展使这种分裂更加剧了。按照一些流行的大统一理论，存在磁单极是必然的。这种磁单极的质量很大，可能要比质子的质量大亿亿倍(10^{16})。尽管用现代的加速器不可能产生质量如此大的粒子，但在自然界里却存在着产生这种超重磁单极的环境 ——当宇宙年龄大约为 10^{-36} 秒，发生大统一的相变的时候。标准宇宙学预言，在极早期宇宙中产生的磁单极，其数目与重子数之比应当高达万分之一，即每一万个重子就应当有一个磁单极与之相应。

这个数太高了。用月岩或陨石样品给出的磁单极与重子之比的上限只有 10^{-28}。1975 年，普赖斯等曾宣称，在他们探测宇宙线的气球实验中，记录到一个可能是磁单极的事例，不过，许多人不同意他们的分析，因而没有得到公认。1982 年春，卡帕来拉声言利用他的超导量子干涉器件，等待了约 200 天，捕捉到一个磁单极，其磁荷值也符合狄拉克的预言。这种确定性，使他的结果受到重视。但是，即使相信卡帕来拉的结果，磁单极与重子之比也只有亿分之一，远远小于理论要求的百分之一。实际上，现在大部分人也不相信“亿分之一”是正确的，因为它与许多天文现象相矛盾。例如，星系磁场的存在、磁星的存在都要求该比值不能超过 10^{-23}。

总之，实验结果仍然是：不存在，或只有极少的存在。

为什么不存在磁单极？原因也出在极早期宇宙上。

有人说，当只有一个困难问题时，很难下手研究，而当有两个困难问题时，也许就容易解决了。这是由于，一个困难可能会是解决另一个困难的契机。不存在磁单极和不存在宇宙空间的弯曲二者正是如此。因为，已经认识到，它们可能是同一源的两个结果。这就是在宇宙极早期中可能存在一个快速膨胀时期，也称作“通货膨胀”阶段，或者暴涨期。这发生在宇宙年龄大约是 10^{-36} 秒的时候。在暴涨期里，大统一相变并没有发生，宇宙物质处在过冷的状态，只是到相当晚以后相变才发生，那时产生的磁单极就相当少，几乎等于没有了。

“通货膨胀”的另一个功效是使空间的弯曲变小。这样，无论原初的宇宙空间曾有多么大的弯曲，但只要有一个足够强的暴涨期，其后的宇宙空间就近于是欧氏的了。简言之，空间弯曲和磁单极的不存在，使我们认识到，极早期宇宙中可能有“通货膨胀”的存在。

可见，物理学、宇宙学不仅应当去说明存在的东西为什么存在，也应当去解释不存在的东西为什么不存在。存在有它的原因，不存在也有它的原因。

表明原因的方式有很多种。例如，在物理学中，最常见的一种是：“事情现在之所以是这样，那是因为它过去曾经是那样。”有时，我们也使用伏尔泰的格式：“事情现在之所以是这样，那是因为它是最可几的。”另外，目的论式的逻辑则是：“事情之所以是这样，那是因为现在有人存在。”如果我们也用这种类型的表述来概括从不存在中认识存在的认知方式的话，

那就是：

事情之所以是这样，那是因为它不能是不存在的那样。

（原载《百科知识》1983 年第 5 期）

(返回目录)

宇宙的结构

要想把宇宙的整个结构在这不长的文章中全都讲清楚，是很难的。我只想把人类对宇宙的认识的几个阶段简单地介绍一下。物理学中的相当大一部分，是由于对宇宙的结构的研究引起的。对宇宙的研究表面看来与我们的日常生活关系不大，研究的对象似乎是遥远的事情。实际上，这些遥远的事情与我们有着十分密切的联系。

近代物理学史研究
（一）
复旦大学出版社出版
新华书店上海发行所发行
复旦大学印刷厂印刷
字数161千字 开本850×1168 1/32 印张7
1983年6月第一版 1986年4月第二次印刷
印数：1——4,000
书号：13253·003 定价：1.04元

目 录

祝贺德布罗意、狄拉克诞辰……王福山（1）
固体物理学的发展……谢希德（14）
几何学在物理学发展中的作用……谷超豪（24）
尼尔斯·玻尔与原子科学……杨福家（35）
二十年代的海森伯……王福山（46）
我在德国(1929–1940)的点滴回忆……王福山（80）
宇宙的结构……方励之（98）
爱因斯坦的科学贡献和他的思想……许良英（106）
库恩的学术思想和现代科学技术革命……李宝恒（128）
与狄拉克的一次会见……孙 鑫（149）
从复旦大学物理系开设《科学史和科学哲学》讲座所见和所想……金尚年（152）
谈鼓器……吴 樁（162）
牛顿运动观的历史探讨……郑永令（167）
爱因斯坦在量子力学理论发展中的地位和作用……金尚年（196）

图 1 近代物理学史研究（一）目录[1]

近代科学没有首先在中国或者东方发展，这有许多历史的、社会的和其他的原因。其中有一个重要原因似乎就是，对天的研究、钻研，不像西方那样强烈。中国有一句成语：杞人忧天，我们都把它看成一个贬义词，

认为对天的“担心”是没有什么实际意义的，远不像研究伦理那样重要。这就是中国的一种传统。今天似乎仍然没有改变。自从提出四个现代化以来，有不少关于科学与生活有密切联系的宣传，但是，仍然有不少人认为科学是一种比较抽象、比较“玄”的东西，脱离生活的东西。在西方一些发达国家中，对科学的情感就不像我们这里的隔膜。因为近代科学的发生和发展，是他们的近代历史、近代文明中的最关键的方面之一，因而对科学与生活的联系的认识，是活生生的。初到英国时，有件事使我很惊奇：伦敦的地下铁道中到处写着“黑洞”，这个天体物理的专有名词连老太太都知道。再如，在意大利，有些科普演讲是在广场上进行的，罗马有个著名的广场，叫威尼斯广场，许多大的政治活动都在这里发生、或在这里举行。而科普演讲有时也在那里办。因为，在那里，如果不知道一些科学常识，就会被认为在教养上有缺陷。中国还没有达到这种地步，不少人不但自称“科盲”，而且心安理得于“科盲”状态。

下面就来谈人类对宇宙认识的几个阶段，同时也顺便谈一谈这些认识过程所涉及到的一些其他问题。

在远古时候，人对天的认识是非常直观的。希腊的亚里士多德认为天是由几个水晶球构成的，每个水晶球有不同的转动速度，行星及恒星分别嵌在各个水晶球上。中国古代有盖天说、浑天说和宣夜说等宇宙结构的理论。这些观点都或强或弱地认为地球是天体的中心。

人对宇宙结构的认识的一个大进步就是哥白尼的日心说代替了上述的地心观。这一段历史已经讲得很多，不必再重复了。我要指出的一点是，这种认识的转变在物理学上也带来个大的进步。这就是第一次提出了相对

性原理。

有一种反对哥白尼的论据：既然地球在绕太阳高速地转动，为什么人感觉不到呢？这个问题现在看来是很普通的，但在当时的确是很难答复的。许多支持哥白尼体系的人也说不清楚。第一个明确回答这个难题的是伽利略，他说：

“把你和一些朋友关在一条大船的甲板下的主舱里，让你们带着几只苍蝇、蝴蝶和其他小飞虫，舱内放一只大碗，其中有几条鱼，然后，挂上一个水瓶，让水一滴一滴地滴到下面的一个宽口罐里。船停着不动时，你留神观察，小虫都以等速向舱内各方向飞行，鱼向各个方向随便游动，水滴滴进下面的罐中，你把任何东西扔给你的朋友时，只要距离相等，向这一方向也不必比另一方向用更多的力。你双脚齐跳，无论向哪个方向跳过的距离都相等。当你仔细地观察这些事情之后，再使船以任何速度前进，只要运动是匀速的，也不忽左忽右地摆动，你将发现，所有上述现象丝毫没有变化，你也无法从其中任何一个现象来确定，船是在运动还是在停着不动。即使船运动得相当快，在跳跃时，你将和以前一样，在船底板上跳过相同的距离，你跳向船尾也不会比跳向船头来得远。”

把这种观念移用到地球，就不难说明人为什么感觉不到地球的高速运动。其实，这种看法，最早的提出者并不是伽利略，早在我国汉代的古籍《尚书纬·考灵曜》中就有这样一段话：

“地恒动不止，而人不知，如坐闭窗舟中，舟行而人不觉也。”

很可惜，这些重要的观点只留下只言片语，到底谁是最初的创造者，已无从考据了。

1979 年，爱因斯坦诞生一百周年的时候，我正在意大利。意大利电视台要摄制一部介绍爱因斯坦的片子，谈到相对论观念的渊源的时候，他们当然首先要介绍上述的伽利略的一段话，作为相对论的先驱。在他们准备摄制的时候，碰到我，我就告诉他们，伽利略那段话还不是最早的，差不多两千年前，中国就有了。结果他们就改变了原来的脚本，把我国上述的一段话放到了最前面，请我到比萨塔前面去读："舟行而人不觉也。"

伽利略的这些观点，受到当时宗教的打击，伽利略本人受到终身的监禁。这件事对西方的社会有很大的影响，引起很多人去研究这个课题。正是通过这种曲折的发展，科学在那里生了根。科学的作用，谁也不能忽略。我去年到梵蒂冈去参加一个宇宙学会议，时值伽利略的冤案得到罗马教廷平反不久，教皇在涉及这个问题的讲话中说："科学的发展要求我们改变传统的布道的方式"。从这个侧面也可以看到科学的地位。在中国，科学似乎还没有它应当有的这种举足轻重的地位。

在日心说之后不太久，又认识到太阳可能不是中心，而银河系才是宇宙的中心，这是本世纪初的情况。当时是用计数的方法来研究星体的分布。因为距地球较近的星亮一些，离地球较远的黑暗一些，因此，只要数一数亮星及暗星的数目，就可以推知星的分布，这叫做计数。结果发现，在离地球远的地方，星的数目很快减少。这就是说，星体大多集中在银河系里，走出银河系后，就是没有或极少有星体的空的空间了。

爱因斯坦在发展宇宙学时，并没有采取这个观测结果作为出发点。他认为银河系之外并不是没有物质的空间，相反，物质应当大致均匀地分布在整个空间中。他采取这种假设与他提出广义相对论相似，都是受马赫的

观点的影响的。牛顿曾认为，宇宙最基本的东西就是一个空间、一个标架，物质运动于其中。如果取绝对空间作为标架，一切力学现象就满足牛顿第二定律。马赫反对这种观点，他认为没有一个绝对空间，物质和空间是不可分的。所谓惯性运动，其实是相对于整个宇宙的物质背景来说的均匀运动或者静止，而并不是相对于绝对空间。这样，就没有一个离开了物质的空间，不能离开物质来谈空间的性质，没有物质就无所谓物理的空间。空间的延伸，必定伴随着物质的延伸。基于这种观念，爱因斯坦提出物质在整个宇宙中大致均匀分布着。这是继哥白尼之后的又一个重要的猜测，人类对宇宙的研究中的又一个重要进展。它的意义在于，人从对于宇宙局部性质的探讨进到对宇宙的整体性质的探讨。无论就这个问题的提出，或者就研究这个问题所采用的方法，都是新的深入。

第三个进展是关于物质的大尺度运动状态。爱因斯坦在发展现代宇宙学时，曾认为物质从大尺度上看，是静止的。按照牛顿力学的观点，物质之间有引力作用。如果只有引力，则物质不可能存在于静止状态。为了解决这个困难，爱因斯坦就在他的方程中人为地加上一个斥力项，用以平衡引力。1929 年，哈勃从观测上证实，星系有系统性的运动。都在远离我们而去，这符合一种均匀膨胀的模型（最早是由弗里德曼、勒梅特等人提出的）。这一发现，大大不同于爱因斯坦的预想，所以他曾说他一生中最大的错事，就是在他的方程中加进宇宙项[2]。如果不加这一项，则就只有动态的宇宙解。

静态的宇宙模型是西方的传统。但在中国，自古以来就存在一种观点：宇宙是不断变化的。西方的研究特别注重于常规的、重复性的一些变化。

中国不同，对一些非常规的、没有重复性的突然变化也有兴趣。例如，关于新星的记录，早在公元前 1300 年左右就有了。在我国的古籍中，已经发现有上百颗的新星记录，超新星的记录也发现至少有八个。因此，对于动态的天体的观念，在中国一直是可接受的。天地膨胀的观点，也是在大约两千年前的文献中就可以找到。西方接受演化的观点是相当晚的，所以，宇宙膨胀的发现，不仅对西方的宇宙学，而且对他们的整个自然观，都是相当大的冲击。

下面我将转到今天还没有完全解决的一些问题上。宇宙学中的一个最老的问题是，宇宙是无限的，还是有限的？关于这个问题的论争几乎可以追溯到人类文明的启蒙时期。虽然今天还没有解决，但认识已有很大的深化。一个最大的差别在于，以前的争论是思辨性的、不同的哲学观念之间的辩论。现在，宇宙的有限或无限已开始成为一个科学的问题，即用观测（或实验）与理论相互比较以判断是非的方法来研究的问题。之所以能采用这样的方法，是由于认识到局部与整体之间有着密切的关系，我们可以通过在局部范围的观测和实验结果来判断某些整体的性质。例如，如果空间是无限的，而且均匀地充满着各种物质和星体，星的亮度也和太阳差不多，那么通过简单的计算就可以证明，天上应当到处都同样的亮，白天和黑夜也同样地亮。显然这与事实相矛盾。因此，上述我们关于整个宇宙的空间、星体等所采取的观点中，必定有不对的地方。这就是从局部来判定整体的一个例子。现代宇宙学充分发展了这种联系，把宇宙空间的有限或无限变成一个标准的科学问题了。自然科学的发展，使许多原来属于哲学探讨的问题变成纯粹的科学问题。宇宙有限无限问题就是这种趋势的一个

典型例证。

宇宙的起源问题也是一个例证。这个问题原来也是在科学论题之外的。而近几十年来则成了最热门的科学问题之一。因为，我们用目前的观测就可以分析宇宙的过去，甚至一直追溯到它的起源阶段。所谓热大爆炸宇宙学就是这项研究的成果。它的基本观点是宇宙起始于一种非常密集，非常炽热的状态，经过不断的膨胀逐渐演化到我们现在的宇宙。这种理论能较好地说明各种宇宙现象，例如粒子的起源、元素的起源、星系及星系团的起源等等。经常有人问，宇宙起源之前，物质世界又是怎样的？在今天的认识水平上，要回答这个问题当然是非常困难的。我只想指出一点，上述问题若能成立，必定要求时间概念总是在原则上是可用的，因为“之前”这一概念是基于时间概念本身的。

因此，我想讲的最后一个问题就是：时间是物质存在的基本形式这种观点是否总成立呢？答案似乎是否定的。物理学的成就已使这种观点受到怀疑。时间是不是基本的概念？这个问题在量子论中就遇到了。量子论中有一个基本原理是测不准原理，它告诉我们，我们对一个体系过去有过怎样的历史的认识是取决于现今的测量方式的。在引力透镜的实验中，如果作干涉观测，则我们就要说光子曾经走过两条路径。相反，如果作计数观测，则我们就要说光子曾经走过路径 1，或者路径 2。如果在天体尺度上做这个实验（最近的确已观测到了类星体的引力透镜现象），问题就更加尖锐。因为，在天体尺度上，光的传播时间要用到上亿年，我们今天观测到的光子，是在人类尚不存在时发出的。然而，这些光子到底是走过两条路径还是只经过某一条路径，却决定于今天我们做怎样的观测。亦即现在

的行为会影响到过去，这是与时间概念相联系的因果律不相容的。因果律要求，现在的事件只可能影响将来，而不能作用于过去。

上述的矛盾就是我们既坚持时空是物质的存在形式，又坚持量子论的一个结果。解脱这个矛盾的一个可能途径，就是认为时间概念可能并不是最基本的，它可能是由更基本的概念次生的。果真如此，则我们并不是在任何情况下都有权去问“之前”或“之后”的，即这种问题并非总是有意义的。至于比时间或空间更加基本的概念是什么，目前还十分不清楚。

人类对宇宙结构的研究到今天，似乎是越来越脱离我们的现实生活了，物理学本身也越来越深奥和困难了。正因如此，有一种观点认为学物理、研究物理的出路越来越少，它已渐渐变成一种无用或不十分有实际用处的学科了。作为结束语，我所要说的是：物理学所积累的知识、创造的方法今天仍然是认识自然界以及认识社会圈的最犀利的工具之一，无论在横向上和纵向上都是如此。《庄子》上有一句话：“不知无用之用无以知有用之用”，用来作为对物理的社会功效的一种了解，是很恰当的。

（原载《近代物理学史研究（一）》1983 年）

编者注释

[1] 图 1 为编者所加

[2] 即上述斥力项

(返回目录)

由芝诺佯谬所想起的

今年初，我到南方的一所大学去讲物理。偶然的机会看到该校哲学系学生办的墙报，上面有一则短文，讨论哲学和自然科学的相互关系。其中有一个论点，即认为有的问题用目前的自然科学也说明不了，而依靠哲学却能加以解释。文中还举例说，古希腊哲学家芝诺的“阿基利斯追不上龟”的论证,至今自然科学仍不能说明，只有用时间的“连续性和分立性的矛盾统一”才能加以理解。

这则短文使我感到有必要讲几句当今的自然科学和哲学之间的关系。上面引述的论点是否确切姑且不谈，但是芝诺佯谬对于这种论点来说恰恰是一个很好的反例，即只有援用自然科学的成果才能真正深入理解芝诺佯谬这类哲学论辩的含意。

芝诺佯谬是这样论证的：“在赛跑的时候，跑得最快的永远追不上跑得最慢的，因为追者首先必须达到被追者的出发点，这样，那个跑得慢的必定总是领先一段路。”（引自亚里士多德《物理学》）

芝诺佯谬的关键是用了两种不同的时间测量。从原则上说，任何一种测量时间的“钟”，都是依靠一种具有重复性的过程。例如，太阳的升没、人体的脉搏、吊灯的摆动、分子的振动等等，都是具有重复性的过程，都可以作为测量时间的钟。用循环的次数或重复的次数作为时间的标值 t。

芝诺问题中除了普通的钟，还有另一种很特别的“钟”。后者是用阿基利斯（希腊神话中的飞毛腿）每一次都要到达上一次龟所到达的位置作为一个循环。用这种重复性过程测得的时间称为芝诺时 t′。例如，当阿基

利斯在第 n 次达到了龟在第 n 次的起始点时，芝诺时 t' ＝n。这样，在任何 t' 为有限的时刻，阿基利斯总是落在龟的后面，永远追不上龟。只有当时间 t'达到无限，阿基利斯才有可能追上龟。

现在稍为作些定量的分析。如果阿基利斯和龟的奔跑速度分别是 v_1 和 v_2，并且，在开始时，二者相距为 L。容易推知，当芝诺时 t' ＝n 时，日常钟 t 所测得的时间应当是：

$$t = \sum_{m=0}^{n-1} \frac{L}{v_1}\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^m$$

上式也可以写成：

$$t' = \frac{1}{\ln(v_2 / v_1)} \ln\left[1 - \left(\frac{v_1 - v_2}{L}\right)t\right]$$

这个公式告诉我们芝诺“钟”t' 和日常钟二者之间的变换关系，可以称芝诺变换。

芝诺变换的特点是有奇性，即当 $t=L/(v_1-v_2)$, t' 达到无限。因此，当 t' 从零增加到无限（相当于过完全部 t'时间），它只复盖了 t 上的一个有限范围，即从零到 $L/(v_1-v_2)$。

由此看到，芝诺佯谬之“佯”，是在于芝诺时 t' 不可能度量阿基利斯追上龟之后的现象。在芝诺时 t' 到达无限之后，还是有时间的，但是用芝诺“钟”t' 已经无法度量它们了。简言之，芝诺选择的测量时间的方法不好。实际上，可以找到许多种类似于芝诺的变换，造成芝诺式的佯谬。即有的时间测量只能用来描述一定的局限范围中的运动，而不能描述其外的现象。

这个结论启发我们提出更深的问题：我们选择测量时间的日常钟是否

也有上述的局限性？亦即，当日常钟 t 达到无限之后，是否也还有时间？是否也还有 t 也无法度量的 t 之后的现象？答案是肯定的。黑洞理论告诉我们，芝诺时 t′ 所具有的局限性，在日常时 t 中也是有的，即不能用 t 来度量落入黑洞之后的过程，落入黑洞之后的现象涉及一无限之后的时间。为了描述落入黑洞之后的过程，要用其他的时间度量，要遇到新的有奇性的时间变换，它的性质和芝诺变换十分相似。

总之，芝诺佯谬给我们的启示是，时间与时间的度量不同，一种时间度量达到无限之后还可以是有时间的。“时间之后的时间”、“无穷之后的存在”，就是蕴含在芝诺佯谬中的哲理。

至此，似乎已经可以看清，在芝诺佯谬中自然科学和哲学的关系到底是怎样了。现在的理科学生，常常不满意或不甚满意我们的哲学或自然辩证法的课程，原因也许是多方面的。但是我想，在一些自然科学早有深入研究的论题上，我们的教学却还停留在“连续性和分立性的矛盾统一”这类即使不算肤浅至少也是过分古典的水平上，这可能是令人不满意的一个重要原因。

（原载《自然辩证法报》1983 年第 8 期）

(返回目录)

附录　第一卷文章写作与发表时间及出处

1.《围绕着现代宇宙学的一场科学与假科学的论争》，1978 年 2 月，原载《哲学研究》第 1、2 期合刊。

2.《从天体物理的发展看理论研究的作用》，1978 年 5 月 19 日，原载《光明日报》。

3.《现代宇宙学及其哲学问题》，1978 年 7 月，在全国自然辩证法夏季讲习会上的报告。

4.《引力波理论获得第一个定量检验》，1979 年 2 月 10 日，原载《自然辩证法研究会通信》。

5.《宇宙学上光辉的一笔》，1979 年 3 月，原载《自然杂志》1979 年第 3 期。

6.《<从牛顿定律到爱因斯坦相对论>前言》，1979 年 3 月 13 日，原载方励之、褚耀泉著《从牛顿定律到爱因斯坦相对论》，科学出版社，1981 年第 1 版。

7.《天文学研究方法的特点》，1978 年 2 月 27 日的谈话整理，1979 年 4 月 10 日，原载《自然辩证法通讯》1979 年第 2 期。

8.《<相对论天体物理的基本概念>前言》，1979 年 9 月与鲁菲尼合著。

9.《一顶帽子、一块禁地、一个问题》，1979 年 10 月 19 日，原载《北京科技报》。

10.《到意大利做客》，1979 年 11 月 2 日，原载《光明日报》。

11. 《换汤不换药与换药不换汤》，1979 年 11 月 4 日及 11 月 26 日两封书信，原载于《科学报》。

12.《在剑桥想到的中国的科学现代化》， 1979 年 10 月 26 日到达伦敦之

后，原载香港《大公报》，与邓棠波合写。

13.《写在“赞美我主”之后的午夜里》，1979 年 12 月 2 日，原载 1981 年三联书社《生活》半月刊第 1 期（试刊，只印了 100 份）。

14.《六国之行见闻（接受〈北京晚报〉科教部主任黄天祥采访）》，1980 年 7 月，原载《1980 年 8 月 15 日北京晚报》，原题《六国之行见闻——访讲学归来的方励之教授》。

15 .《脱掉旧思想才能进入未来》，1980 年 12 月 8 日，在全国第二次“科学学”学术讨论会上的发言。

16.《理论物理学的前景》，1981 年 1 月 7 日，原载《百科知识》1981 年第 1 期。

17.《科学与技术的关系》，1981 年 4 月 10 日，原载《光明日报》。

18.《现代宇宙学的基本概念的发展》，1981 年 6 月、8 月，原载《自然辩证法通讯》1981 年第 3、4 期 。

19.《天体物理的 1 9 8 0 年》，1981 年 7 月 7 日，原载于《百科知识》1981 年第 7 期。

20.《访日通信一则》，1981 年 11 月 9 日。

21.《游岚山后记》，1981 年 11 月 28 日。

22.《〈惠勒演讲集：物理学和质朴性〉编者的话》，1981 年 12 月，1982 年安徽科学技术出版社。

23.《从“万物原于水”到“时空是物质存在的形式”》，1982 年 6 月，原载《哲学研究》1982 年第 6 期。

24.《“我不能做副校长……”——〈科学学与科学技术管理〉特约记者勇牵

禁书网 http://www.bannedbook.org/ 禁片禁闻网大陆直连：http://vur.me/jwnews/jw/

访谈方励之教授》，1982 年 8 月，节录于《“我不能做副校长……”——采访中国科学院学部委员方励之教授》，1983 年 4 月，原载《科学学与科学技术管理》1983 年第 4 期。

25. 《教育与创造》，1982 年 10 月，原载《自然辩证法通讯》1982 年第 5 期，与邓棠波合写。

26.《给中国自然辩证法研究会的一封信》，1982 年 10 月 27 日。

27.《做和谐发展的人》，1983 年 5 月，原载《中学生》1983 年第 5 期。

28.《从不存在中认识存在》，1983 年 5 月 22 日，原载《百料知识》1983 年第 5 期。

29.《宇宙的结构》，1983 年 8 月 1 日，原载《近代物理学史研究（一）》王福山主编，复旦大学出版社 1983 年 8 月出版。

30.《由芝诺佯谬所想起的》，1983 年 8 月，原载《自然辩证法报》1983 年第 8 期。

(返回目录)

禁书网 http://www.bannedbook.org/ 禁片禁闻网大陆直连：http://vur.me/jwnews/jw/